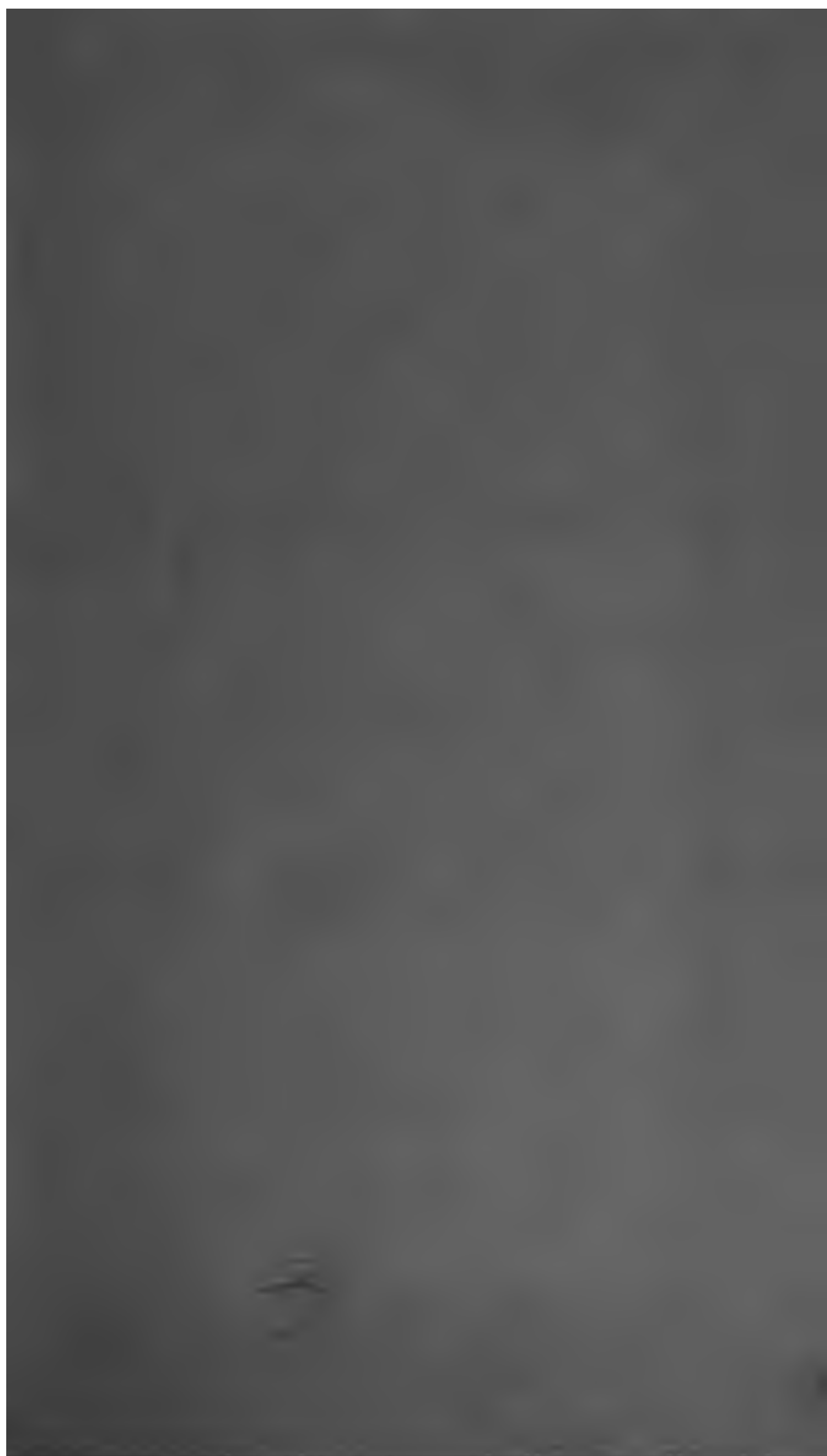










Repertorium

der

perimentalphysik,

enthaltend

vollständige Zusammenstellung der neuern
Fortschritte dieser Wissenschaft.

Als

Supplement

zu

Lehr- und Wörterbüchern der Physik

von

Gustav Theodor Fechner,
der Philosophie und außerordentlichem Professor zu Leipzig.

Erster Band.

Mit drei Kupfertafeln.

Leipzig, 1832.
Verlag von Leopold Voß.

Vorwort.

Bei der großen Mannichfaltigkeit und Zerstreuung von neuen Thatsachen, welche durch die raschen Fortschritte der Physik jährlich ans Licht treten, dürfte ein Unternehmen, welches eine vollständige und geordnete Zusammenstellung derselben in bestimmten Zeiträumen zu liefern verspricht, unstreitig dem Bedürfnisse Vieler genügen, indem es die Mühe des eigenen Zusammenstellens erspart; in jedem Falle Nachricht giebt, ob etwas und was in einem Gebiete der Physik geleistet worden sei oder nicht; das Nachschlagen in den, zum Theil schwer zu erlangenden, Originalquellen entbehrlich macht, oder, wo der Umfang der Untersuchungen eine erschöpfende Mittheilung nicht erlaubt, die Quellen zu näherer Belehrung wenigstens anzeigt; indem es endlich die Thatsachen in einer, für die Einsicht der Resultate möglichst zweckmäßigen, Form darlegt.

Diese Gesichtspuncte sind es in der That, die mich bei Abfassung des vorliegenden Werkes geleitet haben, das solchergestalt dieselbe Tendenz haben wird, als das ähnliche Unternehmen,

was ich in Bezug zur Chemie schon eingeleitet habe, und welchem die bisherige Theilnahme des Publicums seinen Fortgang verspricht.

Bei einem Werke dieser Art schien mir, um seinem Zwecke zu genügen, vorzüglich die Erfüllung nachstehender drei Haupterfordernisse nöthig: Vollständigkeit, hinreichende Ausführlichkeit und Deutlichkeit der Darstellung.

Die erste anlangend, so hoffe ich, daß mir bei dem Fleiße, den ich auf das Sammeln der physikalischen Thatsachen verwandt habe, und der sorgfältigen Durchsicht aller der Quellen, in denen sich einige Ausbeute erwarten ließ, keine Thatsache von einiger Wichtigkeit entgangen sein wird. Man wird jedoch in dieser Schrift nicht bloß die Zusammenstellung der allgemeiner wichtigen, sondern auch derjenigen Data zu suchen haben, welche, ohne für die Gestaltung ganzer Zweige der Physik von Bedeutung zu sein, doch irgend ein physikalisches Interesse gewähren, indem sie, wenn auch nicht neue Gesetze oder Bestimmungen, doch neue Formen oder Anwendungen physikalischer Gesetze und Erscheinungen kennen lehren. Daß ich in dieser letztern Hinsicht nicht hier und da etwas übersehen haben sollte, wage ich allerdings nicht zu hoffen, da sich oft etwas dergleichen in Schriften findet, wo man es nicht leicht zu suchen veranlaßt wird, und es wird mir lieb sein, auf solche Gegenstände aufmerksam gemacht zu werden, um sie in künftigen Lieferungen nachtragen zu können. Manche ausländische Untersuchungen, die bis jetzt noch nicht in deutsche Zeitschriften übertragen worden sind, glaube ich hier zum ersten Male dem deutschen Publicum mitzutheilen; so die von Navier über den Ausfluß elastischer Flüssigkeiten; die Untersuchungen Poisson's und Cauchy's über die Schwingungen elastischer Körper, wovon bis

jetzt bloß einige sehr unvollständige Notizen im Deutschen erschienen waren, u. m. A.

Vielleicht wird man es tadeln, daß ich auch solche Erfahrungen aufzunehmen nicht vermieden habe, welche keineswegs den Stempel der Zuverlässigkeit an sich tragen, den man von physikalischen Beobachtungen zu erwarten berechtigt ist; indeß scheint es mir, daß gerade in einem Werke, welches den Charakter eines Repertoriums in Anspruch nimmt, die Erwähnung von dergleichen Beobachtungen nicht fehlen darf, da jede Thatsache, sobald sie einmal als beobachtet aufgezeichnet und nicht in sich widersinnig ist, wenigstens so lange ein gewisses Bürgerrecht behauptet und Anspruch darauf hat, beachtet zu werden, als sie nicht durch zuverlässigere Beobachtungen widerlegt ist. Die Anforderung an eine Prüfung derselben wird gewiß nur um so größer, je zweifelhafter sie erscheint; es möchte aber eine solche Prüfung vielmehr durch ausdrückliches Hinweisen auf dergleichen Beobachtungen, als durch gänzliches Verschweigen derselben veranlaßt werden.

In Betreff der Ausführlichkeit schien es mir nicht hinreichend, bloß die Resultate der Beobachtungen schlechthin anzuführen, sondern im Interesse der Leser wesentlich, auch die Art, wie, und die Bedingungen, unter welchen diese Resultate gefunden wurden, sowie die Hauptbelege derselben, wiewohl mit Weglassung alles beiläufigen oder unwesentlichen Nebendetails, mitzutheilen, da nur so eine Einsicht möglich wird, welchen Grad von Zutrauen die Resultate verdienen und innerhalb welcher Gränzen sie für gültig gehalten werden können. Allerdings war hierbei eine gewisse Beschränkung nöthig. Bei sehr vielen und gerade den genauesten Untersuchungen nimmt die Aufzählung der kleinlichen Vorsichtsmaßregeln, welche zur Sicherung gegen die Irr-

thümer der Beobachtungen nöthig sind, einen so großen Umfang ein, und bei mehreren Untersuchungen liegen auch die Bewährungen in einer solchen Weitschichtigkeit von Beobachtungen eingeschlossen, daß eine detaillirte Mittheilung derselben nicht nur dieses Werk überladen, sondern auch die Einsicht in das Allgemeine der Phänomene, welche ich stets im Auge zu behalten gesucht habe, sehr erschwert haben würde. In diesen Fällen, so wie da, wo mir die relative Geringfügigkeit des Resultates einen großen Aufwand in Darstellung der Mittel, die zur Auffindung desselben führten, nicht zu verdienen schien, habe ich mich mit der allgemeinen Angabe des Ganges der Verfahrungsarten und einzelnen beispielsweisen Belegen begnügt, oder auch direct auf die Originalabhandlungen verwiesen, bloß unter allgemeiner Angabe dessen, was dort in der betreffenden Hinsicht gefunden oder auch vermißt wird. So war es auch, wiewohl ich im Allgemeinen Vollständigkeit und Genauigkeit in Mittheilung meiner Erfindungen oder Abänderungen physikalischer Apparate bezweckt habe, doch wegen zu großen Umfangs einiger Beschreibungen oder Abbildungen erforderlich, hie und da in Bezug auf dieselben den Leser großentheils oder ganz auf die Originalabhandlungen zu verweisen. Da übrigens die Interessen der Leser hinsichtlich der Beziehungen, unter welchen sie die Gegenstände mitgetheilt wünschen, sehr verschieden sein möchten, so darf ich freilich nicht hoffen, bei dem Mittelwege, den ich in den angegebenen Hinsichten zu treffen gesucht, es allen Recht gemacht zu haben.

Von vorzüglicher Wichtigkeit schien es mir, um dem vorliegenden Unternehmen Nutzbarkeit zu verschaffen, das dritte Haupterfoderniß, Deutlichkeit und Übersichtlichkeit der Darstellung in stetem Augenmerk zu behalten. Die Rücksicht hierauf war

es hauptsächlich, welche die Form der Darstellung bei den Gegenständen in vorliegendem Werke bestimmt hat. Vielleicht ist es mir gelungen, oder wenigstens ist mein Bestreben dahin gegangen, mehrere dieser Gegenstände auf eine leichter überschauliche Weise vorzutragen, als es in den Originalabhandlungen geschehen ist, deren manche in der That, und öfters wohl mehr durch Schuld der Verfasser als der Natur der Gegenstände, kein gar zu einladendes Studium darbieten. Zu diesem Zwecke habe ich die Resultate aus den Untersuchungen, durch die sie gefunden wurden, herausgesondert und in der Regel vorangestellt, dann die speciellen Data der Versuche als Belege darauf bezogen, und alle diejenigen Resultate, die, wenn gleich in denselben Versuchsreihen gefunden, doch verschiedenen Klassen von Erscheinungen angehören, an ihre respectiven Orte gebracht. Wo es ferner ohne Umständlichkeit möglich war, habe ich die durch Formeln ausgedrückten Resultate in Worten wiedergegeben, und dann die Formeln meist nur zusatzweise beigefügt; überhaupt aber das, was für den der mathematischen Zeichensprache nicht Kundigen verständlich und, so weit es für ihn verständlich ist, von dem zu sondern gesucht, was nicht wohl ohne solche Zeichen ausdrückbar ist. Übrigens ließ sich, wie leicht zu erachten, nicht eine und dieselbe Form der Darstellung bei allen Gegenständen beibehalten, da vielmehr die Natur der Untersuchungen selbst, und die Art, wie sie geführt wurden, hier entsprechende Modificationen erfoderte. Wo ich nicht glaubte, eine für den vorliegenden Zweck angemessenere Darstellung geben zu können, als in den Originalabhandlungen, habe ich diese beibehalten, was diesem Unternehmen, was der Natur der Sache nach auf keine Originalität Anspruch machen kann, nicht zum Vorwurf gereichen möge. Hie und da habe ich eine so ungenaue Be-

schreibung der Versuche oder ihrer Resultate gefunden, daß ich bei der Ungewißheit über den zu Grunde liegenden richtigen Sinn sie nicht zu verbessern gewußt habe. Diese fremde Schuld, wo sie Statt findet, wird man begreiflich nicht auf meine eigene Rechnung setzen.

Wiewohl dieses Werk den Titel Repertorium der Experimentalphysik führt, so habe ich darin die Resultate mathematischer Untersuchungen nicht ausgeschlossen, jedoch sie nur in so weit aufgenommen, als sie zur Erläuterung, gesetzmäßigen Verknüpfung oder einfacheren Darstellung von Beobachtungen dienen, oder zur Prüfung durch Beobachtungen auffordern können, und sich in leicht übersichtlichen Formeln darstellen oder durch Worte ausdrücken lassen; dagegen habe ich sowohl die allgemeineren Gleichungen (Differenzialgleichungen), welche, ohne direct auf die Erfahrung anwendbar zu sein, nur zur Herleitung der darauf bezüglichen Formeln dienen, als auch die mathematischen Deductionen selbst im Allgemeinen bei Seite gelassen, nicht als ob ich sie für unwichtig oder unwesentlich hielte, sondern weil theils eine gründliche Berücksichtigung dieser Umstände eine Ausdehnung dieses Werkes erfodert hätte, die ich mir demselben nicht zu geben getrauete, theils mir eine Trennung der mathematischen Betrachtungen über die Naturerscheinungen von den experimentalen Daten überhaupt für das Interesse Vieler zweckmäßig erschien. Allerdings würde für einen großen Theil des Publicums eine Zusammenstellung der so wichtigen physikalisch-mathematischen Untersuchungen, welche in neueren Zeiten namentlich von mehreren französischen Mathematikern und Physikern (Ampère, Cauchy, Fresnel, Poisson u. s. w.) erschienen sind, gewiß von nicht geringem Interesse sein, um so mehr, da diese Arbeiten, die auch

für die Erfahrung schon so wichtige Früchte getragen haben und noch mehrere versprechen, meist in Gesellschaftsschriften enthalten sind, deren Benutzung nur wenigen zu Gebote steht; indeß würde dies ein Unternehmen besonderer Art sein, welches ich, insofern meine Verhältnisse mir keine Gelegenheit zu selbstständigeren Untersuchungen darbieten sollten, in der Folge zu bearbeiten gedenke.

Eigene Untersuchungen anlangend, so wird man hier die Zusammenstellung der Resultate von Versuchen finden, die ich neuerdings in einer besondern Schrift: Maßbestimmungen über die galvanische Kette zusammengefaßt habe. Außerdem wird die Herleitung der Klangfiguren quadratischer Membranen, die ich nach Poisson's, von ihm selbst in dieser Hinsicht nicht verfolgten, Formeln (S. 298) gegeben habe, vielleicht für Manchen nicht ohne Interesse sein.

Die Darstellung der tellurischen und meteorologischen Erscheinungen in ihren physikalischen Beziehungen ist von mir so weit gegeben worden, als daraus mehr oder minder allgemeine Bestimmungen hervorgehen. Daß nicht alle barometrischen, thermometrischen, magnetischen rc. Beobachtungen, aber auch Mittel aus diesen Beobachtungen; daß nicht alle wahrgenommenen Nordlichter, Nebensonnen rc. besonders hier wiedergegeben oder beschrieben worden sind, bedarf wohl keiner Rechtfertigung; dagegen wird man die Literatur aller dieser speciellen Beobachtungen, so vollständig ich sie zu erlangen vermocht, nicht vermissen. Die Gesammtheit dieser Umstände werde ich übrigens erst gegen den Schluß des Werkes vereinigen, daher man z. B. das, was über die täglichen und jährlichen Oscillationen des Barometers, Thermometers, der Magnetnadel, über die Windverhältnisse rc. an allgemeinen Bestimmungen sich neuerdings ergeben hat, nicht in den

bschnitten, welche vom Drucke elastischer Flüssigkeiten, von de[r] Wärme, dem Magnetismus u. s. w. handeln, aufzusuchen haben, ndern gegen den Schluß des Werkes vereinigt finden wird.

Um von einem bestimmten Datum auszugehen, habe ich in ie jetzige Lieferung alle diejenigen Thatsachen aufgenommen, wel-)e seit Anfange des Jahres 1829 erschienen sind, mit Berück- chtigung einiger früher erschienenen (wegen des Zusammenhan- es). Die Besitzer neuerer Lehrbücher der Physik, wie deren von Baumgartner, Biot, Brandes, Despretz, Kästner, Kunke, Pouillet, so wie des Fischer'schen und Gehler'- schen Lexicons, welche sämmtlich um oder nach 1829 erschie- en sind, können daher in dem vorliegenden Repertorium eine rgänzung desjenigen finden, was nach dem Erscheinen derselben on physikalischen Thatsachen hinzugekommen ist, so wie sie sich ugleich über die, in diesem Repertorium vorkommenden, Ge- enstände, welche Vorkenntnisse erfodern, aus jenen Lehrbüchern erdem belehren können*). In diesem Bezuge wird wegen seiner Vollständigkeit vor allen das, gegenwärtig bis zum Buchstaben L incl.) gediehene, Gehler'sche Wörterbuch und, in Bezug auf eine ündige Darstellung des mathematischen Theiles der Physik, das, gentlich ein selbstständiges Werk bildende, Supplement zu Baum- artner's Lehrbuch der Physik zu empfehlen sein. Ich habe übri- ens meinerseits die Anordnung der Materien im Wesentlichen

*) Da mehrere dieser Werke schon Zusammenstellungen nebst Litera- ur über die früheren Untersuchungen der vorkommenden Gegenstände ent- alten, so habe ich es im Allgemeinen für überflüssig erachtet, in diesem epertorium bei jedem Gegenstande wieder darauf zurückzukommen, viel- ehr das Hinzugekommene bloß schlechthin mitgetheilt, was für die Kürze ersprießlich schien. Zuweilen indeß schien es zweckmäßig, hievon eine Aus- ahme zu machen.

(einstweilen mit einigen Abänderungen) nach dem des Biot'schen Lehrbuchs Statt finden lassen und in vorkommenden Fällen vorzugsweise darauf verwiesen.

Es ist meine Absicht, dieser ersten Lieferung des Repertoriums alle zwei Jahre eine neue, jedesmal in zwei Bändchen, folgen zu lassen, im Falle die Theilnahme des Publicums denselben den Fortgang sichert. Vielleicht würden Manche ein jährliches Erscheinen vorziehen; indeß schien es mir, daß das Zusammenfassen einer größern Menge verwandter Thatsachen, von denen manche binnen eines längeren Zeitraumes durch wiederholende Versuche mehr befestigt oder auch modificirt und berichtigt werden können, den Vortheil compensirte, den ein schnelleres, aber größere Zerstückelung mit sich führendes, Erscheinen derselben gewähren würde.

Zum Schlusse dieser Lieferung des Repertoriums wird man anhangsweise noch mitgetheilt finden:

1) Eine Literatur der einzelnen tellurischen und meteorologischen Erscheinungen und Beobachtungen, die seit Anfange 1829 bekannt worden sind:

2) Ein Verzeichniß der physikalischen Schriften, die seit 1829 erschienen sind.

3) Ein Verzeichniß der seit 1829 erschienenen physikalisch-mathematischen Abhandlungen, welche in den verschiedenen Zeitschriften oder anderwärts sich finden.

4) Eine kurze Angabe des Inhaltes derjenigen Untersuchungen, die während des Druckes dieses Werkes und zwar zu spät erschienen sind, um noch an der rechten Stelle einge-

schaftlichen Werthes, und deren ausführlichere Mittheilung deshalb der nächsten Lieferung des Repertoriums vorbehalten bleibt.

Der erste Band dieser jetzigen Lieferung ist bis zur Betrachtung der galvanischen Erscheinungen (incl.) fortgeführt worden; der zweite wird mit Betrachtung der sich unmittelbar daran anschließenden Wärmeerscheinungen, da sie jetzt von physikalischem Interesse sind, beginnen.

Inhaltsverzeichniß zum ersten Bande.

Erster Abschnitt.

I. Apparate zum Messen räumlicher Dimensionen, Winkel, Gewichte.

II. Verhältnisse der kleinsten Theilchen der Körper; Structur der Körper.

III. Eigenschaften der Körper, welche von ihrem Aggregatzustande abhängig sind.

IV. Mathematische Betrachtung der Gleichgewichts- und Bewegungserscheinungen im Allgemeinen

V. Druck, Zug, Contraction und Dilatation, Spannung, Torsion fester Körper.

VI. Reibung und Adhäsion fester Körper.

VII. Bewegung fester Körper.

VIII. Druck, Zusammendrückung, Capillaritätserscheinungen tropfbarer Flüssigkeiten.

IX. Bewegungserscheinungen tropfbarer Flüssigkeiten.

X. Gleichgewichtserscheinungen elastischer Flüssigkeiten, Barometer, Luftpumpe.

XI. Bewegungserscheinungen elastischer Flüssigkeiten.

XII. Dämpfe.

XIII. Specifisches Gewicht.

Zweiter Abschnitt.

Lehre vom Schall.

I. Fortpflanzung des Schalls.

II. Erregung, Messung und Anwendung vergleichbarer Töne.

III. Resonanz.

IV. Schwingungsgesetze elastischer Saiten, Stäbe, Membranen, Platten, Kugeln,

---

Dritter Abschnitt.

Lehre von der gewöhnlichen Elektricität.

Vierter Abschnitt.

Lehre vom Galvanismus.

Vierter Abs

Lehre vom Gal

Ist die Schraube fest angezogen, so kann man dem Nonius mittelst der Mikrometerschraube k eine feine Bewegung ertheilen.

Um mittelst dieser Vorrichtung eine Dimension bestimmen zu können, ist in o ein aus zwei Linsen bestehendes Mikroskop angebracht, das sich heben und senken, aber auch feststellen läßt und im Brennpunkte einen mit einem Theilstriche des Nonius parallelen Faden hat. Befestigt man den Körper, auf dem eine Dimension gemessen werden soll, und schiebt den Rahmen der Nonien dahin, daß der Faden mit einer Gränze zusammenfällt, merkt den Stand auf dem Maßstabe an, thut dann dasselbe mit der zweiten Gränze, zieht beide Anzeigen am Maßstabe von einander ab, so erhält man die gesuchte Größe. Hiebei darf man weder den Maßstab, noch den zu messenden Körper mit der Hand berühren, damit nicht partielle Ausdehnungen eintreten.

Um mittelst dieser Vorrichtung Linien in bestimmten Entfernungen ziehen zu können, hat man noch eine andere Vorrichtung angebracht, die aus Fig. 1 zu ersehen ist und aus einer Art Schlitten besteht, in welchen der Reißhaken eingesetzt ist.

Tausendtheiliger Maßstab von Knar *). Mittelst der gewöhnlichen Maßstäbe läßt sich der Zoll nur in 100 Theile theilen, die folgende Einrichtung desselben gestattet eine Theilung in 1000 Theile.

Der Maßstab besteht, wie Fig. 8 zeigt, aus folgenden Theilen: ABCD oder eigentlich ABEF ist der allgemein bekannte hunderttheilige Maßstab, dessen Gebrauch keiner Erörterung bedarf. In der Verlängerung der Linien DA und CB sind nun die zwei gleichen Längen AH, BG genommen, deren jede einen ganzen und $\frac{1}{10}$ Zoll enthält, so daß: AH = BG = $\frac{11}{10}$"; diese beiden Längen werden nun in 10 gleiche Theile getheilt, und die Theilungspunkte durch Transversallinien verbunden, gerade so wie bei ABCD. Die Hinzusetzung der Zahlen geschieht am besten auf diejenige Art, welche aus der beigefügten Zeichnung zu ersehen ist.

Der Gebrauch dieses Maßstabes kann für den etwas Geübtern keine Schwierigkeit haben, daher wir die, im Original beigefügte, nähere Auseinandersetzung desselben übergehen.

Irrungen wegen Biegung der Linearmaßstäbe **). Kater hat auf einen Umstand aufmerksam gemacht, der bei Linearmaßstäben, welche ganz genau sein sollen, eine wesentliche Irrung hervorbringen kann. Diese Irrung beruht darauf, daß, wenn der Maßstab auf einer Tafel liegt, welche nicht absolut eben ist ***), so wird, im Fall sie concav ist, die obere Fläche des Maßstabes vermöge seines Gewichts concav, die untere convex werden, um sich so der Krümmung der Tafel anzuschmiegen; ist dagegen die Fläche der Tafel convex, so wird umgekehrt die obere Fläche des Maßstabes convex, die untere concav werden, wodurch jedenfalls

*) Baumg. Zeitschr. VII. 58.

**) Phil. trans. 1830. P. II. p. 359.

***) Es ist aber sehr schwer, eine absolut ebene Tafel zu erlangen.

ie richtigen Abstände der auf der Oberfläche des Maßstabes verzeichneten Dimensionen abgeändert werden *).

Von den sehr ausführlichen Untersuchungen, welche der Verf. in Bezug auf den vorliegenden Gegenstand angestellt hat, wollen wir bloß die Resultate mittheilen, welche folgende sind:

1) der Irrthum, welcher von der in Rede stehenden Ursache herrührt, erhält sich in Maßstäben aus derselben Materie und von ungleicher Dicke innerhalb gewisser Gränzen wie die Dicke des Maßstabes.

2) Dieser Irrthum verhält sich direct wie der Sinus versus der Krümmung der Oberfläche, auf welche der Maßstab gelegt ist.

3) In der Dicke des Maßstabes giebt es eine Fläche (neutrale Fläche), welche weder Contraction noch Ausdehnung bei der Krümmung des Maßstabes erleidet. Diese scheint kaum $\frac{1}{4}$ von der convexen Fläche des Maßstabes entfernt zu sein.

4) Eine Convexität der unterliegenden Tafel bringt einen beträchtlich kleinern Irrthum zu Wege, als eine eben so große Concavität. Dies hängt mit dem Vorigen zusammen: denn da die neutrale Fläche der convexen Fläche viel näher als der concaven liegt, so werden, wenn die Dimensionen auf der convexen Fläche verzeichnet sind, dieselben weniger abgeändert werden, als wenn sie auf der concaven Fläche verzeichnet sind. Als Beispiel diene folgende Tabelle, worin die Irrthümer auf das reducirt sind, was sie sein würden, wenn sämmtliche Maßstäbe 36 engl. Zoll lang und $\frac{1}{2}$ Zoll dick wären **).

	Irrthum bei nach oben gekehrter Convexität.	Irrthum bei nach oben gekehrter Concavität.	Summe der Irrthümer bei einem Sinus versus von 0,01 engl. Zoll.
	Zoll	Zoll	Zoll
Probe-Yard des Reichs ***)	0,00013	0,00031	0,00044
Schuckburgh's Maßstab	0,00017	0,00042	0,00059
Dollond's Maßstab	0,00012	0,00056	0,00068
Kater's Maßstab	0,00025	0,00061	0,00086

Die Maßstäbe in dieser Tabelle sind sämmtlich aus Messing. Die Verschiedenheit in der Bearbeitung des Messings scheint Ursache der Verschiedenheit in dem absoluten Werthe der Irrthümer zu sein.

*) Statt des wahren Maßes bestimmt dann die Sehne des Bogens, welchen die Krümmung bildet, die Entfernung.

**) Die Krümmung ward bei diesen Versuchen durch Unterlegen eines Drahts von $\frac{1}{100}$ Zoll Durchmesser unter die Mitte, oder zweier solcher Drähte unter die Enden des Maßstabs hervorgebracht.

***) Imperial Standard Yard.

5) Der von der in Rede stehenden Ursache abhängige Irrthum übersteigt bei Weitem den, welcher von der Längendifferenz zwischen dem Bogen und der Sehne unter gleichen Umständen herrühren könnte, so daß z. B. die Summe der Irrthümer *) in einem Maßstabe von 1 Zoll Dicke bei einem Sinus versus von nicht $\frac{1}{100}$ Zoll beinahe $\frac{1}{1000}$ beträgt, während das Doppelte der Differenz zwischen Sehne und Bogen nicht $\frac{1}{10000}$ ausmacht.

Um die Irrungen, welche von der in Rede stehenden Ursache herrühren, möglichst zu beseitigen, wendet Kater folgende Mittel an:

Da die neutrale Fläche, welche weder Expansion noch Contraction erleidet, ungefähr um $\frac{1}{4}$ der Dicke (oder etwas weniger) von der converen Fläche des Stabes entfernt liegt, so hätte man, wenn der Maßstab immer auf converen Flächen zu liegen käme, nur nöthig, an den Enden des Stabes $\frac{1}{4}$ von seiner Dicke oben wegzunehmen, und auf den Enden von so reducirter Dicke die festen Punkte anzugeben, die dann in unveränderlichem Abstande bleiben würden. Da aber der Maßstab eben so gut auf concaven Flächen zu liegen kommen kann (wo die Converität des Maßstabes auf die andre Seite fallen würde), so ist es besser, anstatt $\frac{1}{4}$ der Dicke vielmehr $\frac{1}{2}$ derselben wegzunehmen, indem dann zwar jedenfalls ein kleiner Irrthum bei der Lage sowohl auf einer converen als einer concaven Fläche übrig bleiben muß, der aber doch wegen seiner Geringfügigkeit aus der Acht gelassen werden kann.

Sind auf dem Maßstabe mehrere Unterabtheilungen anzugeben, so findet das vorige Mittel nicht mehr Statt. In diesem Falle räth Kater, eine verhältnißmäßig nur dünne Platte zur Verzeichnung des Maßstabes anzuwenden und diese auf einer dickern als Unterlage zu befestigen, wo sich der Irrthum nach Verhältniß der Dünne der Platte reduciren wird.

Apparate, die Ebenheit und Horizontalität zu prüfen.

Prüfung der Ebenheit von Kater **). Kater giebt folgende Methode an, um zu prüfen, ob eine für eben gehaltene Oberfläche es wirklich ist. Man applicirt auf dieselbe in verschiedenen Richtungen eine Pianofortesaite von etwa $\frac{1}{100}$ Zoll Durchmesser, welche auf einem 6 Fuß langen Bogen straff gespannt ist, und sieht zu, ob sie sich auch überall genau anlegt.

Hat man eine Tafel, die unregelmäßig erhöht und vertieft ist, so kann man die Beschaffenheit und selbst in gewissem Grade die Ausdehnung der Unregelmäßigkeiten durch folgenden Kunstgriff bestimmen: Man tippt mit den Fingern auf die Saite, während sie durch das Gewicht des Bogens auf die Tafel gedrückt wird. Wo die Saite einen Ton giebt, ist die Tafel concav und die Höhe und Tiefe des Tons kann einigermaßen auf die Ausdehnung der Concavität schließen lassen, indem die Ränder der Conca-

*) Die Summe der Irrthümer wie in voriger Tabelle verstanden.

**) Philos. transact. 1830. P. II. 375.

vität gleich Stegen wirken, welche die Saite begränzen. Dies Prüfungsmittel ist so empfindlich, daß eine Concavität durch dasselbe entdeckt werden kann, auch wenn der Abstand zwischen Draht und Tafel für das Auge unmerklich ist.

Kater theilt folgende Beispiele von Krümmungen mit, die er an Oberflächen, welche für eben galten, beobachtete:

	Länge in Zollen.	Krümmung.	Sinus versus der Krümmung in Zollen.
Ein Mahagony-Eßtisch	42	concav	0,04
Ein marmornes Kamin-Stück . . .	61	desgl.	0,12
Ein andres	62	desgl.	0,04
Ein andres	62	desgl.	0,10
Deckel eines schön gearbeiteten Pianoforte's von Rosenholz	48	desgl.	0,03

Verfahren, den Werth der Scale und die Krümmung einer Wasserwage (Libelle) zu bestimmen, von Nixon *). Man schneide von steifem Papiere einen rechtwinkeligen Streifen von gehöriger Länge und ¼ Zoll Breite ab, und drücke ihn an die, mit haltbarem Kleister versehene, Glasröhre so an, daß eine Kante desselben genau in die Ebene fällt, welche durch die Axe der Wasserwage und die Blase geht. Ist der Kleister getrocknet, so theile man das Papier in gleiche, aber sehr kleine Theile und versehe sie mit Ziffern. Diese Wasserwage wird nun zu einem Theodolith gebraucht und der Werth jeder Abtheilung ihrer bisher willkührlichen Scale gesucht. Zu diesem Ende wird das Fernrohr so gestellt, daß dessen optische Axe auf der Wasserwage senkrecht steht, der Nonius des verticalen Kreises auf den Nullpunkt desselben einspielt, und es sich gerade über zwei Schrauben des Fußgestelles befindet. In dieser Stelle befestige man die Klemmung des horizontalen Kreises, bewege mittelst dieser Schrauben die Blase der Wasserwage bis zum Nullpunkt ihrer Scale und merke sich den Stand beider Enden. Hierauf treibe man die Blase mit der Tangentialschraube des verticalen Kreises gegen das andere Ende der Scale, und merke sich den Stand seiner beiden Endpunkte wieder. Die halbe Differenz aus der Summe der Zahlen, welche die Endpunkte der Blase in jeder Stellung bezeichnen, giebt nun offenbar den von der Blase zurückgelegten Raum an, und dieser mißt im Bogen den Winkel, um den das Fernrohr geneigt wurde. Wird diese Messung öfters wiederholt, und aus allen Resultaten der Mittelwerth gewonnen, so erhält man den Werth einer Abtheilung der Scale mit großer Genauigkeit.

*) Philos. Mag. March. 1829. p. 175, oder Baumg. Zeitschr. VI. 252.

Auf ähnliche Weise, nur mit dem Unterschiede, daß sich Nixon Horizontalsectors statt eines Theodoliths bedient, wird die Krümmung Wasserwage von ihm ausgemittelt.

Über die Krümmung der Wasserwagen*). Nixon hat Versuche mittelst des eben beschriebenen Verfahrens gefunden, daß die serwagen durch die Fassung an Empfindlichkeit verlieren, und daß ma Richtigkeit der Angaben des Werthes jeder Scale, wie er von Kün angegeben wird, erst durch genaue Versuche ausmitteln müsse, um Irrthümern ausgesetzt zu sein. In der Originalabhandlung sind n Belege in diesem Bezug beigefügt.

Winkelmessung.

Optisches Verfahren, um an einem Prisma zu erken ob zwei Winkel desselben gleich sind, von Moser **). Prisma sei in Fig. 4 vorgestellt, und Ψ, Ψ' die beiden Winkel, Gleichheit man prüfen will. Man betrachte einen Gegenstand S Reflexion von der Basis des Prisma, indem man das Auge in die rige Lage nach S' bringt. Wenn der Gegenstand farblos erscheint, s die Winkel Ψ und Ψ' gleich, erscheint er gefärbt, so sind sie ung und zwar ist der Winkel Ψ größer als Ψ', wenn die blaue Farbe Oben kommt und die am meisten abgelenkte ist; umgekehrt Ψ' g als Ψ, wenn die blaue Farbe am wenigsten abgelenkt ist, und das zu Oberst erscheint.

Dieses Verfahren ist einer sehr einfachen Ableitung fähig. I That, es falle Licht von S ein und werde in d reflektirt. Ma $\varphi'' = \varphi' + \Psi - \Psi'$, mithin sin. $\varphi'' =$ n. sin. $[\varphi' + \Psi - \Psi'$ Ist sin. $\Psi = \Psi'$ so ergiebt sich sin. $\varphi'' =$ sin. φ. Der Werth von si ist also in diesem Falle unabhängig von n, d. i. unabhängig von dem chungsverhältnisse der einzelnen Farbestralen und das Licht wird farblos treten. Ist aber $\Psi > \Psi'$, so findet sich sin. $\varphi'' =$ sin. $\varphi +$ von n abhängigen Gliede. Je größer hier n wird, um so größer si und φ'' selbst, d. h. die blaue Farbe ist am meisten abgelenkt. Ist kehrt $\Psi' > \Psi$, so hat man sin. $\varphi'' =$ sin. φ — einer von n c gigen und damit wachsenden Größe. Je größer also hier n, um so l sin. φ'' und φ''.

Goniometer von Majocchi ***). Dieses Goniometer l aus zwei Linealen AB, CD (Fig. 5), welche mittelst eines Bolzens so mit einander verbunden sind, daß sie sich um denselben bewegen, jede Neigung gegen einander annehmen können. In einem Drittel Länge und in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte der Bewegu finden sich zwei andere Bolzen e, g, um welche sich zwei metallene

*) Baumg. Zeitschr. VI. 254.

**) Pogg. XVI. 70.

***) Bibl. ital. 1829, Aprile, 37. Baumg. Zeitschr. VI. 471.

e f, g h drehen können, deren jeder so lang ist, wie die Stäbe o e und o g, deren Länge einem Drittel der Länge von A B oder C D gleicht. In f sind die Stäbe e f, g f charnierartig verbunden, so daß alle vier Stäbe o e, o g, e f, g f bei jeder Öffnung des Instrumentes ein Quadrat oder einen Rhombus bilden. Die Lineale A B, C D haben der Länge nach einen Ausschnitt, der sich von einem Ende derselben durch zwei Drittheile ihrer Länge erstreckt, so daß das Instrument sowohl die Gestalt X als die Gestalt Y annehmen kann. Den Winkel, welchen die zwei Stäbe e f und g f mit einander einschließen, mißt der eingetheilte Halbkreis p r q, welcher an dem Apparate befestigt ist.

Will man nun mit diesem Instrumente den Winkel messen, welchen zwei Ebenen mit einander machen, so giebt man dem Instrumente die Gestalt X, und öffnet die zwei Lineale so weit, daß sie die beiden Ebenen berühren, in welchem Falle der Halbkreis den zu messenden Winkel aus der Lage der Stäbe e f und g f erkennen läßt.

Reflexionsgoniometer. Über die Beurtheilung der Fehler, welche man bei Messung der Krystallwinkel mittelst des Reflexionsgoniometers von Wollaston und Malus begehen kann, hat Jul. Weisbach eine ausführliche Abhandlung geliefert, hinsichtlich deren wir, da sie nicht wohl eines einfachen Auszuges fähig ist, auf das Original verweisen in Baumg. Zeitschr. IX, 269—302.

Wage.

Wage, mit einem Glasfaden construirt, zu feinen Gewichtsbestimmungen, von Ritchie *). Ritchie hat von dem weiterhin anzuführenden Umstand, daß die Elasticität feiner Glasfäden fast ins Unbestimmte ihrer Drehung proportional ist, Nutzen zur Construction feiner Drehwagen zu Messung feiner Gewichte gezogen. Die Einrichtung einer solchen Wage, wie sie von ihm beschrieben wird, ist folgende:

Man verfertige einen kleinen hölzernen Wagebalken b (Fig. 6), welcher sehr leicht ist und eine Länge von etwa 1 Fuß oder 15 Zoll hat. In seiner Mitte (senkrecht darauf) befestige man eine stählerne scharfe Schneide k, ähnlich der Klinge eines Federmessers. An dem einen Ende dieser Schneide und in der Verlängerung der Schärfe wird ein ganz fein ausgezogener Glasfaden befestigt, während das andere Ende von letzterem durch Siegellack in der Mitte eines kleinen cylindrischen Stabes a, den wir den Schlüssel nennen wollen, fest geklebt wird, welcher durch den Mittelpunkt eines vertical stehenden und in gleiche Theile getheilten Kreises geht, und sich in dieser Mitte ganz wie die Zwinge einer Drehwage herumdrehen läßt. An der entgegengesetzten Seite der Schneide werden in der Verlängerung der Schärfe einige Fäden ungezwirnter Seide befestigt, deren zweites Ende an eine Spiralfeder von Messing s gebunden wird, welche

*) Philos. transact. 1830. P. II. p. 219, oder Schweigg. Journ. LXI. 386, oder Pharmac. Centralbl. II. 376.

dazu dient, den Glasstaren stets [illegible] zu halten. Der [illegible] ruht auf zwei Stützen einer [illegible], die von einem [illegible] freistehenden Stunden getragen wird. An dem Ende des Wagebalkens [illegible] der Schwere [illegible] [illegible]. An einem Ende des Wagebalkens ist ein [illegible] Zeiger angebracht [illegible] [illegible] des Wagebalkens [illegible] [illegible] getheilt [illegible] [illegible] Grad [illegible] zugeführt.

Der Gebrauch des Instruments [illegible] [illegible] zwei rationell [illegible], [illegible] die [illegible] [illegible] der [illegible] Wassers.

1. Das Gewicht eines [illegible] [illegible] zu bestimmen [illegible] ein Gewicht von etwa [illegible] Gran [illegible]. — Man [illegible] [illegible] [illegible] vermittelst des [illegible] [illegible] nach dem Grade der Drehung [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] Feilspäne oder ein [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] die der Wagebalken sich horizontal [illegible] [illegible] der Zeiger, welch Größe der Drehung angiebt [illegible] auf dem [illegible] des getheilten [illegible] steht. Man legt den zu wägenden Körper in die Wagschale [illegible] [illegible] des Fadens [illegible] wird. Man [illegible] den [illegible] [illegible] die [illegible] [illegible] Kraft des Fadens das Gewicht [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] Punkt des [illegible], bei welchem [illegible] [illegible] Wagebalken [illegible] Index [illegible] [illegible] [illegible] Zeigers [illegible] Grades [illegible] [illegible] gebracht wurde. Man entfernt jetzt den Körper und [illegible] den Fad rück, bis der Balken in seine frühere horizontale Lage [illegible] [illegible] Schale legt man nun ein bekanntes kleines Gewicht und [illegible] Faden so lange, bis der Balken seine frühere horizontale [illegible] [illegible] annimmt, dann giebt das Verhältniß der Drehung [illegible] [illegible] [illegible] bekannten und unbekannten Gewichts. Gesetzt es [illegible] [illegible] [illegible] von 1500 Graden nöthig, um den Körper B zu heben [illegible] 1000° zur Hebung von einem Gran, dann giebt das [illegible] 1500 : 1000 = 1 Gran : 1,5 Gran das Gewicht des Körpers. [illegible] zur Hebung des letztern nur eine Drehung von 50° erforderlich [illegible] sein Gewicht $\frac{50}{1000}$ = $\frac{1}{20}$ Gran.

2. Ist der zu wägende Körper viel schwerer als 1 Gran, [illegible] bis [illegible] der doppelten Wägung zur [illegible] zur Bestimmung [illegible] Gewichtes innerhalb eines Granes, der fehlende Theil wird dann [illegible] durch Drehung gesucht. Der Körper wiege nahe 100 Gran [illegible] [illegible] den Faden, eben so, wie bei vorigem Versuche, durch eine [illegible] [illegible] [illegible]. Durch kleine Gegengewichte bringe man den Balken [illegible] horizontale Lage. Man lege den Körper in eine, und beliebige [illegible] die andere Schale, bis jener im Gleichgewichte gehalten wird. [illegible] [illegible] [illegible] nun, und substituirt bekannte Gewichte, bis sie dem [illegible]

es Körpers nahe gleich sind. Darauf drehe man den Schlüssel so lange, bis der Balken in eine horizontale Lage kommt, und notire die Größe der Drehung. Man lege nun einen Gran in die Schale, und beobachte jetzt die Drehung, welche erforderlich ist, um den Balken in seine horizontale Lage zurückzuführen, so erhalten wir dadurch den Theil eines Granes, um welchen der Körper die bekannten Gewichte übersteigt. Gesetzt, der Körper wiegt nahe 100 Gran, und es sei eine Drehung von 50° erforderlich, um die Schale zu heben, wenn nach Entfernung des Körpers 99 Gran in sie gelegt wurden, während zur Hebung eines Granes eine Drehung von 1000° angewendet wurde, so ist das Gewicht des Körpers $99\frac{50}{1000}$, oder 99,05 Gran.

Um die Störungen zu vermeiden, welche durch Einwirkung von Luftströmen auf den Wagebalken und die Schalen verursacht werden, ist es zweckmäßig, das Ganze, wie bei einer gewöhnlichen Wage, in ein Gehäuse zu stellen. Es ist jedoch nicht nöthig, den Glasfaden und den getheilten Kreis ebenfalls in letzteres zu bringen, es genügt, den Faden durch ein Loch in das Innere des Kastens zu führen, und ihn zu entfernen, wenn die Wage nicht gebraucht wird. Zweckmäßig ist es, sich eine Anzahl Faden von verschiedenen Graden der Feinheit zu verfertigen, und an ihren Enden kleine Messingstäbchen festzukitten, um sie mit Leichtigkeit an der Wage anzubringen.

Das beschriebene Verfahren mag vielleicht etwas langweilig erscheinen, aber in der That dauern die Oscillationen nicht so lange, als in einer empfindlichen Wage ohne Faden. Bei manchen feinen Versuchen, die der Verf. mit dieser Wage anstellte, benutzte er Glasfäden von etwa 10 Fuß Länge, so daß der Glasfaden um wenigstens 5000 Grad gedreht werden mußte, wenn er das Gewicht eines Granes heben sollte, so daß sich ein kleiner Theil eines Granes mit großer Schärfe auffinden ließ.

II. Über die Verhältnisse der kleinsten Theilchen der Körper, Structur der Körper.

Über die gegenseitige Entfernung der kleinsten Körpertheilchen.

Man muß es gegenwärtig sehr wahrscheinlich finden, daß die Theilchen in den Krystallen, welche bloß Eine optische Axe haben, sich nach der Richtung dieser Axe mehr genähert oder mehr von einander entfernt sind, als nach den darauf senkrechten Richtungen, je nachdem die Axe positiver Natur (wie im Bergkrystall) oder negativer Natur (wie im isl. Spath) ist. In der That haben Fresnel und Brewster durch Versuche an Glas, so wie an einer Mischung von Wachs und Harz gezeigt, daß diese Substanzen durch Druck nach Einer Richtung, wodurch sich ihre Theilchen mithin

[illegible] dieser Richtung einander genähert werden, eine positive Axe [illegible] Ziehung nach dieser Richtung erlangen; und in Zusammenhang damit [illegible] zu stehen, daß nach Savarts Versuchen die (negative) Axe [illegible] [illegible] in die Richtung der kleinsten Elasticität, die (positive) [illegible] [illegible] in die Richtung der größten Elasticität fällt. Wäre [illegible] [illegible] richtig, so würde man dann anzunehmen haben, daß in [illegible] Krystallen die Entfernung der Theilchen nach der Richtung, welche auf der Ebene der beiden optischen Axen steht, ein Maximum [illegible] [illegible] ist.

Krystallinische Structur scheinbar nicht krystallisirter [illegible]

Aus folgenden Erfahrungen Savarts *) scheint hervorzugehen, [illegible] alle feste Körper, auch die scheinbar gar kein krystallinisches Gefüge [illegible] doch im Grunde nur als eine so verworrene Anordnung von Krystallen zu betrachten sind, daß das krystallinische Gefüge nicht [illegible] besondere Hülfsmittel zur Wahrnehmung gebracht werden kann. [illegible] [illegible] deuten auch die Erscheinungen des moiré metallique hin[illegible]).

Kreisrunde Metallscheiben von gleicher Dicke, sie mögen nun [illegible] gegossen, von großen Massen abgenommen, oder aus [illegible] [illegible] [illegible] verhalten sich in Bezug auf Schallschwingungen [illegible] so, als wenn sie wirklich einem faserigen oder regelmäßig [illegible] Körper angehört hätten **). Wenn man z. B. diejenige Theilungsart, welche aus zwei sich rechtwinklig schneidenden Linien besteht, auf [illegible] [illegible] [illegible], so tritt diese Theilungsart nur in zwei [illegible] [illegible] nicht aber gleichgültig in jeder beliebigen Lage ein, fast [illegible] [illegible] Gestalt von hyperbolischen Curven, begleitet von zwei ungleichen [illegible] [illegible] Unterschied zuweilen fast unmerklich ist, zuweilen aber [illegible] [illegible] [illegible] sogar eine Quinte beträgt, welche Tonverschieden[illegible] von einer [illegible] der Elasticität nach den verschiedenen Richtungen [illegible] [illegible] [illegible] bei Platten, die aus Krystallen nach [illegible] [illegible] [illegible] sind, beobachtet, abhängig gemacht werden [illegible]

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] fielen bei sehr vielen und abgeänderten [illegible] [illegible] [illegible] Gegenstand an Scheiben von Gold, Silber, [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] oder gewalztem Eisen, von Zinn, [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] von einer Menge Legirungen aus diesen [illegible] [illegible] [illegible] Messing u. s. w. immer constant aus, so [illegible] [illegible] [illegible] ansehen kann, daß eine Metallscheibe sich im [illegible] [illegible] verhält. Dessenungeachtet aber sind die Metalle [illegible] [illegible] krystallisirt anzusehen. Denn Versuche an Blei [illegible] [illegible] daß wenn man verschiedene kreisrunde Scheiben von

*) [illegible] XVI. 2[illegible].
**) [illegible] den Klangfiguren.

Durchmesser und gleicher Dicke aus einer und derselben Ebene schneidet, sie im Allgemeinen keine parallelen Theilungsarten annehmen und keine gleichen Töne geben, und daß eben so wenig Entsprechen der Theilungsarten und Töne Statt findet, wenn man mehrere Ebenen einander parallel herausschneidet.

Es scheint daher für die Metalle eine halbregelmäßige Structur angenommen werden zu müssen, gleich als wenn sich im Moment des Erstarrens in ihrem Innern mehrere besondere Krystalle von ziemlich beträchtlichem Volumen bildeten, deren homologe Flächen aber nicht denselben Punkten im Raume zugewandt wären, und es würden nach dieser Vorstellung die Metalle gleichsam Gruppen von Krystallen sein, von denen jeder einzelne eine regelmäßige Structur besitzt, während die ganze Masse durchaus verworren erscheint.

Diese Betrachtungsweise wird durch direkte Beobachtung einiger der die Erstarrung der Metalle begleitenden Umstände unterstützt. Untersucht man nämlich aufmerksam die Oberfläche einer Bleimasse, die eben erstarren will, so gewahrt man hie und da kleine geradlinige, oft mehrere Centimeter lange Furchen, die eine ganz zufällige Lage zu haben scheinen, und die immer von einer großen Menge anderer, aber viel kürzerer, Furchen gleicher Art durchkreuzt werden, wodurch dann dieses sonderbare Netz, dessen Entstehung auf eine Art von regelmäßiger Anordnung der darunter liegenden Theile deutet, die Oberfläche der Metallmasse bald gänzlich überzieht. Hat man eine etwas beträchtliche Masse Blei, z. B. 12 bis 15 Kilogramme geschmolzen, und wartet den Augenblick ab, wo die erstarrte Schicht etwa eine Dicke von 5 bis 6 Millimeter besitzt, durchbohrt sie dann mit einem rothglühenden Eisenstabe und kehrt nun das Gefäß rasch um, damit der noch flüssige Theil des Metalls herausfließe, so zeigt wirklich die untere Seite der erstarrten Schicht eine Menge kleiner octaëdrischer Krystalle, geordnet nach parallelen und rechtwinklich sich kreuzenden Reihen, die eine mehr oder weniger beträchtliche Anzahl geschiedener Systeme bilden, und hinsichtlich ihrer Lage den Systemen kleiner Furchen entsprechen, die man auf der gegenüberliegenden Seite der starren Schicht wahrgenommen hatte.

Mit der Lupe betrachtet, scheinen die kleinen Krystalle, aus denen jedes System besteht, um drei gerade sich rechtwinklich schneidende Linien gruppirt, und zwar so, daß ihre Axen diesen Linien parallel liegen, und sie einander nur mit ihren Ecken berühren oder zu berühren scheinen. Wenn man sich nun denkt, daß die drei geraden Linien eines jeden Systems eine unbestimmte Lage in Bezug auf die analogen Linien der benachbarten Systeme annehmen, so erhält man eine ziemlich richtige Idee von der halbregelmäßigen Krystallisation einer Bleimasse. Ähnliche Resultate erhält man mit Kupfer, Zinn und Zink; auch ist zu bemerken, daß jene Systeme viel ausgedehnter sind, wenn man die Metalle lange Zeit hindurch in Fluß erhält oder zu wiederholten Malen umschmilzt.

Über merkwürdige Lagenveränderungen der kleinsten Theilchen.

[illegible] *) machte die Beobachtung, daß, wenn man [illegible] organischen oder unorganischen Körper (z. B. Pflanzen[illegible] Staub, Ruß, Glas, Lava, Metalle u. s. w.), den man [illegible], daß der Staub davon einige Zeit im Wasser [illegible] zertheilten Zustande in einem Wassertropfen [illegible] betrachtet **), die Theilchen zum Theil, oder selbst [illegible] fast alle unregelmäßige Bewegungen zeigen, [illegible] mit den Bewegungen von Infusorien haben, [illegible] wurde, ihnen den Namen actives molecules beizulegen [illegible] jedoch nicht, wie man zum Theil mißverstanden hat, [illegible] beilegen wollen.

[illegible] dieser Bewegungen ist von mehreren Beobachtern [illegible] von Muncke, der einen hieher gehörigen Versuch [illegible] beschreibt:

[illegible] ein Stückchen gummi guttae von der Größe einer [illegible] in einem großen Wassertropfen auf einem Glasscheibchen [illegible] Lösung einen Theil, so viel an einem Stecknadel[illegible], abermals mit einem Tropfen Wasser verdünnt, und [illegible] Stecknadelknopfe so viel, als etwa ein halbes Hirsenkorn beträ[illegible] bringt, so zeigen sich in der Flüssigkeit kleine [illegible] runde, aber auch anders geformte Pünktchen von der [illegible] Schießpulverkörnchens in Abständen von 0,25 bis 1 Linie [illegible] in verschiedener gegenseitiger Lage. Diese Pünktchen [illegible] größtentheils in steter langsamerer oder schnellerer Be[illegible] daß sie einen scheinbaren Raum von 1 Linie in 0,5 bis 2 [illegible] durchlaufen, willkührlich bald nach der einen, bald nach [illegible], abwechselnd stillstehend, umkehrend u. s. w. Nimmt man [illegible] statt Wasser, so findet gar keine Bewegung Statt, [illegible] ist sie so schnell, daß man sie kaum mit dem Auge verfolgen [illegible] Bewegung hat allerdings einige Ähnlichkeit mit der bei Infu[illegible], jedoch zeigt letztere mehr Willkühr. An Vitali[illegible] vielleicht Einige geglaubt haben, ist dabei gar nicht zu denken, [illegible] halte ich die Bewegung für rein mechanisch, und zwar durch [illegible] des stark erleuchteten Wassers, durch Verdampfung

*) [illegible] Journ. of Sc. No. VIII. 326. oder Edinb. N. phil. J. 1828. oct. [illegible] XIII. 114, oder Pogg. XIV. 294. oder (kurz) Schweigg. Journ. [illegible] Mag. XXV. 305. oder auch eine eigne Schrift: Brown's [illegible] von Beilschmidt. Nürnberg. Ein Nachtrag von [illegible] repository. dec. 1828. 321. Vergl. ferner Muncke in Pogg. [illegible] in Schweigg. LX. 173. LXI. 121. — Brewster in Brew[illegible] Vol X. 215. — Raspail ibid. 96, oder in Ann. des [illegible]

**) [illegible] eines einfachen Mikroskopes, dessen Linse eine Brenn[illegible] Zoll hatte

desselben, durch Luftzug und Wärmeströmung u. s. w. erzeugt. Wenn man den Durchmesser des Tröpfchens zu 0,5 Linien setzt, so erhält man durch 500fache Vergrößerung eine scheinbare Wassermasse von 1,7 F. Seite mit kleinen darin schwimmenden Theilchen, und wenn man deren Bewegung auf gleiche Weise vergrößert denkt, so hört das Phänomen auf wunderbar zu sein, ohne übrigens das Interessante zu verlieren. Was sich beim gummi guttae wahrnehmen läßt, zeigt sich bei allen hinlänglich verkleinerten Körpern, namentlich nach Brown's Versuchen bei Corund."

Es erhellt zugleich aus dieser Beschreibung von Muncke, welcher Ursache derselbe diese Bewegungen zuschreibt. Sie einer ungleichförmigen Verdampfung allein beizumessen, scheint man allerdings durch Versuche Brown's verhindert zu werden, nach welchen sie sich auch eben so gut in Wassertröpfchen zeigen, die man durch Schütteln mit Mandelöl in dieses versenkt hat, worin sie Stunden lang fortbestehen können, ohne durch Verdampfung zu verschwinden *). Indeß ist leicht zu erachten, daß auch unabhängig hiervon die allergeringsten, durch Wärmedifferenzen veranlaßten, Strömungen in den Wassertröpfchen, zufällige Erschütterungen u. s. w. **) so leichte Theilchen werden in Bewegung zu setzen vermögen; und andererseits versteht sich wohl von selbst, daß unsere mechanischen Mittel nicht fähig sein werden, Körper bis in ihre letzten constituirenden Theilchen oder Atome aufzulösen. Man wird sonach, wenn man selbst in den vorstehenden Erscheinungen noch etwas Räthselhaftes erblicken will, wenigstens keinen Beweis für eine selbstständige Bewegung der kleinsten Theilchen der Körper darin finden können.

Dagegen lehren folgende Erscheinungen, daß unter gewissen Umständen allerdings sehr merkwürdige Änderungen der Molecularlagen, die sich noch auf kein bekanntes Princip zurückführen lassen, eintreten können. Die erste der hier anzuführenden Erscheinungen giebt zugleich ein interessantes Beispiel einer ähnlichen Farbenveränderung, als Thénard (Biots Lehrb. V. 72) früher an geschmolzenen Phosphorkügelchen beobachtet hat ***).

1) Erfahrung von Hayes an Quecksilberjodid ****). Wenn dies Salz sublimirt worden ist, so stellt es durchsichtige rhombische Tafeln von schöner schwefelgelber Farbe dar. Diese ändern sich nicht an der Luft oder im Sonnenlichte; dagegen genügt die schwächste Reibung oder Berührung mit einer feinen Spitze, die auffallendste Veränderung darin hervorzubringen. Der berührte Punkt nimmt augenblicklich eine intensiv scharlachrothe Farbe an und dieselbe Farbe verbreitet sich schnell über

*) Gills Repos. 1829. dec. 340. Kastn. Arch. XVIII. 480.

**) Eine Aufzählung der möglichen Ursachen, welche hiebei im Spiele sein können, s. in Schweigg. LX. 175.

***) Einige der nachfolgenden Erfahrungen sind zwar schon seit einiger Zeit bekannt; indeß hielt ich dafür, daß eine Zusammenstellung derselben nicht ohne Interesse sein würde.

****) Schweigg. LVII. 199.

die ganze Oberfläche [illegible] hat, so [illegible] eine ganze [illegible] Diese [illegible] Bewegung [illegible] erscheint. [illegible]

[illegible]

2) Erfahrung von [illegible] an Schwefel[illegible] *). [illegible]

[illegible] sich die [illegible] Oberfläche von kaltem Wasser bringt. Macht Marx den Versuch in einer unten zugeschmolzenen Glasröhre, so erhält er nur geringe Spuren von veränderlichen Schwefelblumen. Gießt man die geschmolzene Masse auf einen kalten Körper aus, so erhalten sich die erstarrten Tropfen länger fest, und zeigen in ihrem Innern eine durchaus krystallinische Structur.

3) Erfahrung von Hünefeld an einem Doppelsalze aus Chlor, Zink und Platin **). Wenn man Zink so lange auf eine

*) Schweigg. Journ. LVII. 152.

**) Schweigg. Journ. LX. [illegible]

ire Platinlösung wirken läßt, bis gelbliches Pulver nebst metallischem atin reichlich gefällt ist, den gesammten Niederschlag auskocht, und die durch erhaltene gelbe Lösung filtrirt und abdampft, so erhält man ein oppelsalz ($PtCl + ZnCl$) in kleinen sehr glänzenden hellgelben Kryallen, welche eine, der vorigen ähnliche Eigenthümlichkeit zeigt. In eim Kölbchen über Spiritusfeuer erhitzt werden die Krystalle zuerst dunkorange, bräunen sich dann, *kommen dabei in eine starke Bewegung und hüpfen auf und ab*, welche Erscheinung aber umgekehrt als em vorigen Salze, durch Erwärmung hervorgebracht wird und zur Ruhe ommt, wenn das Salz von der Lampe entfernt worden. Bei dieser Kryallbewegung tritt aber noch keine merkbare Zersetzung ein, die erst bei ärkerer Hitze (in Platin, Chlorzink und Chlor) erfolgt.

4) *Erfahrung von Marx an essigsaurem Natron* *). Man ehme einen, wo möglich *großen*, Platinlöffel, fülle ihn nicht ganz bis um Rande mit dem Salze an, und halte ihn vorsichtig über eine Spirituslampe. Zuerst wird sich das Krystallisationswasser verflüchtigen und die aufgelockerte Masse weiß und trocken werden. Bei fortgesetzter Erhitzung wird auch diese allmählig schmelzen und ruhig fließen. In dem Augenblicke, wo das letzte Salzkörnchen vollständig darin wird zergangen sein, nehme man den Löffel von der Flamme weg, halte ihn ruhig, und beobachte den Verfolg der Erscheinung. Nach wenigen Secunden wird sich die an den Wänden des Löffels adhärirende Flüssigkeit gänzlich von denselben lostrennen, sich zusammenziehen und im Innern ein krystallinisches Gefüge annehmen; sodann wird ihre Oberfläche zu einer eben solchen Haut gestehen; endlich aber werden *aus ihrem Innern Krystalle hervorbrechen, welche rasch die Decke durchbringen und mit Blitzesschnelle aufwärts und seitwärts wachsen*. Diese Krystalle erhielt Marx öfters von ¼ Zoll Höhe und Breite. Sie sind, wie auch die übrige Masse, vom schönsten Perlmutterglanz und von den schärfsten Facetten begränzt. Doch hält es schwer, die Flächen krystallographisch zu zählen oder zu einer bestimmten Figur zusammen zu ordnen. Die Krystalle, der Luft ausgesetzt, verlieren in Kurzem ihren Glanz und werden matt und staubig. Von Neuem geschmolzen oder auch im Wasser aufgelöst, durch Abdampfen krystallisirt, und wiederum dem Versuche unterworfen, zeigen sie die angegebenen Erscheinungen in einem weit unvollkommneren Grade, wahrscheinlich, weil schon im ersten Versuche, außer dem Wasser, ein Theil der Säure mit ausgetrieben worden.

Erdmann (in Erdm. Journ. II. 397) bemerkt, daß sich, wenn das Hervorschießen der Krystalle schon angefangen habe, dasselbe noch an einem andern Punkte hervorbringen lasse, wenn man die verhärtete Salzdecke mit einem Eisen durchstößt und auf diese Weise der innern flüssigen Masse Luft macht.

*) Schweigg. Journ. LII. 359. LIV. 28.

5) Erfahrung [illegible] *). [illegible] Erfahrung [illegible] ausführlichen [illegible] — [illegible] — [illegible] Sie [illegible] Beschreibung [illegible] [illegible] Beobachtung [illegible] Sonnenmikroskop [illegible] [illegible] Kochsalz [illegible] mit einiger [illegible] [illegible] in dieser Weise [illegible]

[illegible]

6) Erfahrung [illegible] **). Wenn man ein auf Kohle in vollkommenen Fluß [illegible] [illegible] mit Blitzesschnelligkeit [illegible] [illegible] Dieses Alles ist die Sache eines Augenblicks. [illegible] [illegible] mit mehreren [illegible] [illegible] Veränderungsflächen.

7) Erfahrung [illegible] ***). Vollkommen ausgetrocknete [illegible] bei [illegible] mit einem [illegible] und [illegible] Hiebei ist mit dem [illegible] zugleich [illegible] wahrzunehmen.

8) Erfahrungen am geschmolzenen Silber [illegible] [illegible] geschmolzene Silber bildet beim Erkalten

*) Erdmann's Journ. II. 306.

**) Schweigg. XVIII. 202. LVII. 154.

***) Schweigg. LIV. 28.

****) Vergl. hierüber Kastner's Arch. IV. 1821. S. 318. — Schweigg [illegible]. LIV. 20. LV. 10[illegible]. LXI. 515.

Verzweigungen, die von Innen aus der Silbermasse herauszuwachsen scheinen, und welche sich oft mit großer Gewalt über der Oberfläche des Silberkuchens erheben, indem sie sich den Durchgang durch die fast erstarrte Oberfläche bahnen müssen. Diese Erscheinung, welche unter dem Namen des Spratzens des Silbers bekannt ist, tritt nur alsdann ein, wenn die Silbermasse bedeutend genug ist, um nicht inwendig schon erstarrt zu sein, wenn die äußern Flächen erkaltet sind, und wenn das Silber durch das Feinbrennen den gehörigen Grad der Feine erlangt hat. Die letzte Bedingung ist so nothwendig, daß man das noch nicht gehörig feine Silber sogar daran, daß es nicht spratzt, zu erkennen vermag. Das Spratzen erfolgt bei bedeutenden Silbermassen erst eine geraume Zeit, nachdem die Oberfläche des Silberkuchens schon erkaltet zu sein scheint, so daß die schöne glatte Fläche desselben gleich wie durch unterirdische Eruptionen zerrissen wird, wobei sich Silberberge und Verzweigungen aller Art oft zu einer bedeutenden Höhe von vielen Zollen erheben. (Karstens Arch. IV. 1821. 318.)

Wagner (Schweigg. J. LIII. 185) hatte Gelegenheit, bei diesem Spratzen selbst Bildung vollkommener und regelmäßiger Krystalle zu beobachten.

Unter gewissen Umständen vermag auch das Kupfer zu spratzen, und zwar beobachtet man, daß das spratzende Kupfer spröde und zu mehrern Arbeiten unanwendbar ist, während sich das nicht spratzende in hohem Grade schmiedbar zeigt. Dagegen spratzt Silber nicht, wenn ihm nur 1½ bis 2 pr. Ct. Kupfer beigemischt ist.

Die Erscheinungen des Silberspratzens sind vielleicht mit den vorher erwähnten Erscheinungen nicht ganz zusammenzustellen. Denn da es erwiesen ist, daß das Spratzen mit einer namhaften Entwickelung von Sauerstoffgas verbunden ist, welche das Silber im Schmelzen zufolge einer bekannten Eigenschaft desselben absorbirt hatte, so scheinen die Hervortreibungen, welche sich beim Spratzen zeigen, hauptsächlich der Entwickelung dieses Gases beizumessen.

9) Erfahrung von Berzelius an Phosphorsalz mit Chromoxyd *). Berzelius theilt folgende Erfahrung mit, die jedoch vielleicht ebenfalls auf Gasentwickelung beruht: „Vom Phosphorsalze wird das Chromoxyd sowohl in der äußern als innern Flamme mit einer grünen Farbe aufgelöst, die tief ist, wenn des Aufgelösten viel ist. Wenn das Glas mit mehr Chromoxyd gemengt wird, als es auflösen kann, und stark erwärmt wird, so bekommt es die sonderbare Eigenschaft, im Gerinnungsaugenblicke mehr oder minder sich aufzublähen und sich in eine schaumige Masse, durch irgend eine Gasentwickelung, die dann Statt finden muß, zu verwandeln. Wenn das Glas von Neuem geschmolzen wird, so fällt der Schaum zusammen,

*) Berzelius Anwend. des Löthrohrs. 2te Aufl. '20. oder Schweigg. LVII. 135.

5) Erfahrung [illegible] [illegible] es gesch[illegible] führt folgende Erfahrung an, [illegible], auf [illegible] „Ich habe, — sagt er — [illegible] es geschah [illegible] unter dem [illegible] noch eine bedeutende [illegible] am [illegible] zur Rohеisenerzeugung [illegible] mit den [illegible] Beschickung [illegible] augenblicklich [illegible] völlig [illegible] Masse undurch[illegible] sich Schlacken [illegible] Krystall, so [illegible] wurden, so [illegible], wonach die Und[illegible] des Zerschlagens, [illegible] desselben entst[illegible] [illegible] Mitscherlich an ve[illegible] [illegible] wenigstens vielen bi[illegible] Masse [illegible] daß wenn ein Salz bei e[illegible] [illegible] Krystallgestalt angeschossen i[illegible] [illegible] ausgesetzt wird, bei der es m[illegible] [illegible] wurde, es sich in ein Ag[illegible] [illegible] Form verwandelt, ohn[illegible] [illegible] ist, was, wie e[illegible] [illegible] in festem Zustande [illegible] schwefelsaurem Nickel, b[illegible] [illegible] schwefelsaurem Eisenoxyd[illegible] [illegible] Diese Formveränderung ka[illegible] [illegible] erfolgen (so beim schwefe[illegible] [illegible] beim schwefelsauren Eisen[illegible] [illegible]

[illegible]

atriumscheibe etwas stark, aber wenig reibend, in
ickt wurde, vereinigte sich nach ungefähr
Natrium plötzlich mit einem zischenden Ge-
ckſilber, wodurch eine feste Scheibe von Natrium-
he noch nach einigen Minuten bedeutend heiß war,
hatte sich ein freier Anflug von Quecksilber als
lgama angelegt. Als bei einer Wiederholung des
scheinung der Verbindung ein kleines Thermometer
ward, stieg dasselbe schnell zum Siedpunkte und
rnt werden.

dzustand der Körper von Poisson *).

 über das Gleichgewicht und die Bewegung fester
Körper (die in Cah. XX. des Journ. de l'école
legt Poisson folgende Vorstellungen über den
unter, deren Mittheilung dazu wird dienen kön-
en die atomistische Ansicht, zu deren vornehmsten
 zu zählen ist, einnimmt, zu bezeichnen. Im
se Vorstellungen immer noch mit denen überein,
gestellt worden sind.

hen aus gesonderten Theilchen (molécules), d. h.
aterie von unmerklicher Größe, welche durch leere
einander geschieden sind, deren Dimensionen für
merklich sind.

 sind so klein und einander so nahe, daß ein
r deren eine unendliche Menge enthält, doch noch
und die Größe seines Volumens als unmerklich

 wägbaren Materie, aus welcher jedes Theilchen
ben noch überdies eine gewisse Quantität unwäg-
zur wägbaren Materie mehr oder minder stark
, welche wir als Wärmestoff bezeichnen. Auch
ktrische Materie zwischen oder an den wägbaren
von deren Wirkung sich aber im neutralen Zu-
iren läßt.

ärmestoff, welche im leeren Raume zwischen den
ist unmerklich in Verhältniß zu der, welche an
elbst haftet (s'attache); denn, zufolge eines Ver-
wenn man einen leeren Raum plötzlich vergrö-
sieht man keine Wärmeänderung weder in diesem
nden Körpern, eintreten, entgegen dem, was ge-
aum ein wenig Luft oder anderes Gas enthält.

Ch. et de Ph. XLII. 145.

Dieses Umstandes zufolge müssen alle Wirkungen, welche der Wärmestoff äußert, als von den materiellen Theilchen selbst, nicht aber von den Zwischenräumen zwischen ihnen, ausgehend gedacht werden.

5) Die wägbaren Theilchen der Körper äußern eine gegenseitige Anziehung nicht nur zu einander, sondern auch zur unwägbaren Materie des Wärmestoffs; dagegen äußern die Quantitäten Wärmestoff, welche den Theilchen anhaften, eine wechselseitige Abstoßung auf einander. Den wägbaren Theilen der Körper kommen mithin bloß anziehende Kräfte zu, den unwägbaren Theilen der Wärme dagegen zwar anziehende Kräfte zur wägbaren Materie, aber abstoßende Kräfte unter sich; die Gesammtwirkung zweier Theilchen auf einander ist die Resultante (im Fall sie sich auf eine einzige zurückführen läßt) dieser sämmtlichen Anziehungen und Abstoßungen, welche einerseits von ihrer eigenen Materie, andererseits von den ihnen anhängenden Wärmestoffe geäußert werden.

6) Sowohl diese anziehenden als abstoßenden Kräfte nehmen so schnell mit der Entfernung der Theilchen von einander ab, daß sie für jede merkliche Entfernung derselben unmerklich werden. Doch beginnt diese schnelle Abnahme erst, wenn die Entfernung schon ein sehr großes Multiplum von dem gegenseitigen Abstande zweier successiven Theilchen geworden ist, so daß die Wirkungssphäre jedes Theilchens, wiewohl an sich unmerklich klein, doch eine unzählige Menge anderer Theilchen befaßt *).

*) Ein in einer früheren Abhandlung von Poisson (Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 383) gegebener Ausdruck für die Molecularkraft, welcher den aufgestellten Bedingungen genügt, würde z. B. folgender sein:

$$ab^{-\left(\frac{r}{na}\right)^{m}}$$

[illegible]

7) Die Abnahme der Anziehungskräfte mit der Entfernung befolgt nicht dasselbe Gesetz, als die Abnahme der Abstoßungskräfte, so daß bei einer gewissen Entfernung zweier Theilchen die Anziehung derselben zu einander, bei einer andern die Abstoßung derselben zu einander das Übergewicht haben, und in einer gewissen mittlern Entfernung die Anziehung der Abstoßung das Gleichgewicht halten kann.

8) Der flüssige Zustand unterscheidet sich von dem festen Zustande darin, daß in ersteren die Theilchen in Verhältniß zu ihren Dimensionen so weit von einander entfernt sind, daß sich in Bezug auf die Wirkung, die sie auf einander äußern, ihre ganze Masse so wie die dazu gehörenden Quantitäten Wärmestoffs als von ihrem Schwerpunkte aus, wirkend ansehen läßt und die Gestaltung der Theilchen dabei ohne Einfluß ist; dagegen in den festen Körpern die Theilchen einander hinreichend genähert sind, daß die Wirkung ihrer einzelnen Punkte auf einander in Betracht gezogen werden muß, daß mithin ihre Wirkung auf einander eine verschiedene wird, je nachdem sie sich diese oder jene Flächen zukehren, auch wenn der Abstand ihrer Schwerpunkte dabei ungeändert bleibt *).

9) In den festen und tropfbar flüssigen Körpern haben bei kleiner Entfernung der Theilchen die abstoßenden Kräfte über die anziehenden das Übergewicht und bei größerer gewinnen die anziehenden Kräfte über die abstoßenden das Übergewicht, so daß die gegenseitige Anziehung zweier Theilchen noch in Entfernungen merklich sein kann, wo ihre, von der Wärme abhängige, Abstoßungswirkung schon ganz unmerklich ist. In der atmosphärischen Luft und wahrscheinlich allen Gasarten hingegen hat die Anziehung erst über die Abstoßung das Übergewicht, um dann schneller als letztere abzunehmen und in Entfernungen unmerklich zu werden, in welchen die Abstoßung noch merklich ist.

Zusatz. Cauchy legt über den Unterschied der festen, tropfbar flüssigen und gasförmigen Körper folgende Vorstellung zu Grunde (Bulletin des sc. math. XI. 413. XII. 224). Die Molecularwirkungen in den Körpern überhaupt gehen hervor 1) aus der Wirkung der materiellen Theilchen (den von ihnen gebundenen Wärmestoff hinzugerechnet) auf einander, 2) aus der Wirkung der Theilchen des freien Wärmestoffes auf einander,

gung für den natürlichen Zustand der Körper (Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 388.), daß für jeden Punkt m des Körpers $\Sigma r^3 f(r) = 0$ sei (wo sich das Summirungszeichen auf die Abstände r aller andern Theilchen vom Punkte m bezieht), unter der Voraussetzung erfüllt werden können, daß f (r) blos durch einen einfachen Exponentialausdruck der obigen Form gegeben sei. Nachzuweisen wäre freilich auch noch, was von Poisson nicht geschehen ist, daß es möglich sei, diese Bedingung zu erfüllen, wenn man für f (r) eine Differenz zweier solcher Exponentialgrößen setzt.

*) Bekanntlich hat schon Laplace diese Vorstellung über den Unterschied des flüssigen vom festen Aggregatzustande aufgestellt; aber weder Laplace noch Poisson haben den Einwurf erörtert, wie mit dieser Vorstellung der Umstand vereinbar sei, daß manche Körper ausgedehnter im festen als im tropfbaren Zustande sind.

ß aus der Wirkung der materiellen Theilchen auf die freien Wärmetheil-chen. Dies ist so weit in Übereinstimmung mit Poisson.) Da bei gewöhnlichen Abständen nur immer ein solches Verhältniß Statt, daß die erste Wirkung gegen vernachlässigt werden kann, d. h. daß die Wirkung der näheren und der entfernteren materiellen Theilchen, welche nur ein geringes Theilchen in der [illegible] liegt, auf dieses Theilchen verschwindet und daß die Wirkung des freien Wärmestoffs darauf merklich ist: in den [illegible] Flüssigkeiten verschwindet die Wirkung der den Theilchen in unmittelbar liegenden materiellen Theilchen gegen die Wirkung der etwas entfernteren. Denn weil immer die nahe liegenden Theilen, so daß man von der Wirkung der nächsten Theilchen abstrahiren darf so [illegible] kann, als würde sich das Theilchen in der Mitte einer Hohlkugel aber befinden, zwischen zwei [illegible] Oberflächen von [illegible] Radius enthalten. Dagegen in den festen Körpern möchte wohl auch die Wirkung der den Theilchen in unmittelbar umgebenden Theilen [illegible] merklich.

Die Vorstellung, die Laplace für die tropfbaren Körper zu Grunde legt: daß nämlich die [illegible] der Wirkung der näheren Theilchen gegen die der etwas entfernteren verschwinden soll, ist übrigens für den ersten Anblick nicht sehr wahrscheinlich, [illegible] lassen sich Functionen angeben, welche diese Voraussetzung rechtfertigen würden, z. B. folgende:

$$\frac{-\,c\,x^{2}}{k + x}$$

wo k und c Constanten, letztere größer als die Einheit, sind. x bedeutet den Abstand zweier anliegenden Theilchen von einander, c eine sehr große Zahl. In der That verschwindet diese Function sowohl für $x = 0$ als $x = \infty$ und wird für $x = \frac{1}{n^2}$ zu einem Maximum. Nun muß man in Betracht ziehen, daß die Wirkung der Theilchen auf einander, von welcher hier die Rede ist, nicht eine [illegible] die Molecularwirkung ist, sondern zusammengesetzt aus der Wirkung der materiellen Theilchen und ihres gebundenen Wärmestoffs, und da in flüssigen Körpern die Theilchen ein geringeres Verhältniß gebundenen Wärmestoffs zeigen, als in festen, so würde sich hier aus wenigstens erklären lassen, wie die Verminderung des Aggregationszustandes die Function, welche die resultirende Molecularkraft ausdrückt, ändern kann.

Übrigens führen diese Vorstellungen Laplace's zu sehr wichtigen Folgerungen in Bezug auf die mathematische Behandlung der Probleme des Gleichgewichts und der Bewegung fester und flüssiger Körper. Ihre Richtigkeit nämlich vorausgesetzt können die von der Entfernung der Theilchen von einem Punkt abhängigen Coefficienten, welche in die Gleichungen des Gleichgewichts und der Bewegung eingehen, [illegible] durch Summen ausgedrückt werden, welche sich auf einfache Integrale [illegible] Differentialausdrücke reduciren lassen.

gegen man bei den festen Körpern bei dreifachen Summen endlicher Differenzen stehen bleiben muß, die keine solche Reduction gestatten.

Letzteres hat auch schon Poisson bemerkt (Mém. de l'Acad. VIII. 36); nach seinen Suppositionen jedoch würde eine solche Reduction überhaupt bei allen Körpern mit discontinuirlichen Theilchen unzulässig sein.

Ungleiche Eigenschaften von Körpern bei gleicher chemischer Zusammensetzung.

Man hat, insbesondere neuerdings, in der Chemie mehrere bemerkenswerthe Erfahrungen gemacht, welche zeigen, daß Stoffe bei gleicher chemischer Zusammensetzung doch verschiedene Eigenschaften besitzen können, ein Umstand, den man sich nicht wohl anders zu erklären weiß, als durch die Annahme, daß diese Bestandtheile in ihnen anders angeordnet oder verdichtet sind. Solche Stoffe nennt man nach Berzelius Bezeichnung isomerische *). Ich will, da dieser Gegenstand in Bezug auf den Grundzustand der Körper auch von physikalischem Interesse ist, die bis jetzt bekannten Beispiele darüber zusammenstellen **).

1) Kohlenwasserstoff. Es giebt 4 Materien gleicher Zusammensetzung, welche sämmtlich aus 4 At. Wasserstoff gegen 2 At. Kohlenstoff ***) bestehen, deren aber bei gewöhnlicher Temperatur zwei gasförmig, eine tropfbar, eine fest ist.

a) Ölbildendes Gas. Man erhält es durch Zersetzung von Alkohol mittelst conc. Schwefelsäure in der Hitze. Es besteht aus 4 Volumen Wasserstoff und 2 Volumen Kohlenstoff, die sich zu 2 Volumen verdichtet haben.

b) Kohlenwasserstoff Faraday's. Gehört zu den Producten der Liquefaction von Ölgas durch Compression in den Gordonschen tragbaren Gaslampen. Ist bei — 18° C. tropfbar, aber noch unter 0° C. dampfförmig. Der Dampf hat die doppelte Dichtigkeit des vorigen, indem darin 4 Volumina Wasserstoff und 2 Volumina Kohlenstoff zu einem einzigen Volumen verdichtet sind. (Schweigg. XLVII. 443.)

c) Schwefelsäurefreies Weinöl. Erzeugt sich bei der gewöhnlichen Art, den Äther zu bereiten. Ist bei gewöhnlicher Temperatur tropf-

*) Vergl. Pogg. XIX. 326. Eigentlich gehört zum Begriff der isomerischen Körper nach Berzelius Bezeichnung noch der Umstand, daß sie auch gleiches Atomgewicht besitzen, welcher z. B. bei den verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen nicht Statt findet. Ich habe jedoch eine Unterscheidung der Stoffe in diesem Bezuge hier nicht vornehmen wollen.

**) Zwischen dem Harnstoff und dem wasserhaltigen cyansr. Ammoniak sind meines Wissens keine Unterschiede wahrgenommen worden, daher dieselben vielmehr identische als isomerische Körper zu sein scheinen. Sie werden deshalb von mir hier nicht aufgeführt. Vergl. übrigens darüber Pogg. XII. 253.

***) Bei den Atombestimmungen sind Berzeliussche Verhältnisse zu Grunde gelegt.

... aus der ... Gewicht, siedet bei 280° C., ist bei — 35° C.

... (Die ...talische Materie des Weinöls. Das Weinöl ent... ...stallinische Materie in Suspension, die, davon abgesondert, ... Gewicht ist, bei 110° C. schmilzt, sich bei 260° C. ... (Fechner's Rep. der N. Entd. der org. Ch. I. 352.)

... Weinsäure und Traubensäure. Die Traubensäure kommt ... Weinsäure oder Weinsteinsäure zugleich im Traubensafte vor. Sie ... wasserfreien Zustande) mit ihr die gleiche Zusammensetzung aus ... Wasserstoff, 4 At. Kohlenstoff, 5 At. Sauerstoff; unterscheidet sich ... ihr hauptsächlich durch folgende Merkmale: Sie hat eine andere ... als die Weinsäure. Sie, so wie ihr Kalksalz, sind schwerer ... wasser löslich, als die Weinsäure und der weinsaure Kalk. Die Trau... ... verwittert in der Wärme, die Weinsäure nicht. Die Trauben... ... nicht wie die Weinsäure ein regelmäßig krystallisirtes Doppel... ... Kali und Natron u. s. w. (Pogg. XIX. 319; Pharm. Centralbl. ... II. S. 170.)

... Knallsaures Silber und cyansaures Silber. Das knall... Silber entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure auf Silber un... Mitwirkung von Alkohol, das cyansaure Silber durch Vermischen der ...lösung von cyansaurem Kali (das durch Verpuffen von Salpeter mit Kohle entsteht) mit der Auflösung von salpetersaurem Silber. Beide ... 1 At. Silber, 2 At. Sauerstoff, 2 At. Stickstoff, 2 At. Kohlen... zusammengesetzt; unterscheiden sich aber hauptsächlich dadurch, daß das ...saure Silber, für sich erhitzt, nicht explodirt, sondern nur zischend ..., während das knallsaure Silber hiebei eine heftige Detonation ... und daß bei Zersetzung des cyansauren Silbers durch eine Säure ... Gegenwart von Wasser) Kohlensäure und Ammoniak, bei Zersetzung ... knallsauren Silbers aber Blausäure und Ammoniak davon geht. (Vergl. ... Schweigg. LXI. 503.)

... Lösliche wasserfreie Cyanursäure, unlösliche wasser... Cyanursäure, wasserhaltige Cyansäure. Diese drei iso... ... Verbindungen bestehen sämmtlich aus gleich viel Atomen von ...stoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Sie sind eines Über... ... in einander fähig. Über das Nähere vergl. Pogg. Ann. XX. S. ... Schweigg. J. LXII. 173.

... Phosphorsäure und Pyrophosphorsäure. Die, auf ge... ...liche Weise erhaltene, ungeglühte Phosphorsäure oder die ... ... aber längere Zeit an der Luft gelegene, oder einige Tage in ... aufgelöst gewesene unterscheidet sich von der frisch geglühten, ... der welche durch Verbrennen von Phosphor in Sauerstoffgas oder ... Luft erhalten wird, und die man jetzt Pyrophosphor... ... nennt, bei gleicher Zusammensetzung aus 2 At. Phosphor und 5 At. ...stoff, doch unter andern in folgenden Eigenschaften: die Phosphor...

säure fällt das Eiweiß, die Pyrophosphorsäure fällt es nicht. Die Verbindung der Phosphorsäure mit Natron fällt das salpetersaure Silber gelb, die der Pyrophosphorsäure weiß, welche Niederschläge auch sonst noch als in der Farbe sich unterscheiden u. s. w. Übrigens lassen sich Phosphorsäure in Pyrophosphorsäure oder phosphorsaure Salze in pyrophosphorsaure Salze und umgekehrt umwandeln, je nachdem man die einen nicht oder die andern längere Zeit mit Wasser oder gewissen Säuren in Berührung läßt oder auch kocht. (Die Verschiedenheit in Sättigungscapacität der Phosphorsäure von der Pyrophosphorsäure, welche Stromeyer angeführt hat, scheint sich nach andern nicht zu bestätigen.) *)

6) Zinnoxyd; — Zinnchlorid; — Titansäure u. e. a. Körper. — Das Zinnoxyd hat verschiedene Eigenschaften, je nachdem es durch Salpetersäure bereitet oder durch Fällen aus Libavschem Geiste erhalten wird. Im ersten Falle ist es unauflöslich in Säuren, im zweiten mehr oder weniger darin löslich. — Das Zinnchlorid unterscheidet sich ebenfalls in seinen Eigenschaften, je nachdem man es durch Behandlung der einen oder andern isomerischen Modification des Zinnoxyds erhält. (Berzelius Lehrb. II. S. 272.)

Einen analogen Unterschied als das Zinnoxyd in den Eigenschaften zeigen auch Titansäure, Zirkonerde, Thonerde, Thorerde u. e. a., indem man sie durch Glühen ihrer Auflöslichkeit berauben kann.

7) Das Cyan soll nach Johnston's Versuchen, die jedoch nicht hinreichende Zuverlässigkeit zu besitzen scheinen, ebenfalls in zwei isomerischen Modificationen erhalten werden können, wovon die eine das Cyangas ist, und die andere eine starre schwarze wie Kohle aussehende Masse, welche bei Zersetzung des Cyanquecksilbers im Destillationsgefäße zurückbleibt. (Schweigg. J. LVI. 341.)

Es verdient Erwähnung, daß der Übergang einer isomerischen Modification in die andere, wenn sie durch Hitze bewirkt wird, öfters durch ein bemerkenswerthes Phänomen bezeichnet wird. So bemerkt man bei der Zirkonerde, mitunter auch bei der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia, wenn sie stark geglüht werden, in einem gewissen Zeitpunkte eine Ignitionserscheinung, wonach der Übergang in die andere isomerische Modification erfolgt ist. Übrigens zeigt sich eine ähnliche Ignitionserscheinung auch in einem gewissen Zeitpunkte bei verschiedenen antimonsauren Salzen, bei Chromoxyd, Eisenoxyd u. m. a.

Es läßt sich die Frage aufwerfen, ob es nicht auch für die einfachen Stoffe einen ähnlichen doppelten Zustand giebt, als wir hier bei verschiedenen zusammengesetzten Körpern nachgewiesen haben. Es mag genug sein, in diesem Bezuge folgende Bemerkung von Berzelius (Pogg. XIX. [illegible]) mitzutheilen.

*) Vergl. eine Zusammenstellung über das Verhältniß der Phosphorsäure und Pyrophosphorsäure im pharm. Centralbl. I. Nr. 2. S. [illegible]. Nr. 18. S. [illegible]. II. Nr. 19. S. [illegible]. — Pogg. XIX. 331.

bar, von 0,921 spec. Gewicht, siedet bei 280° C
fest u. s. w.

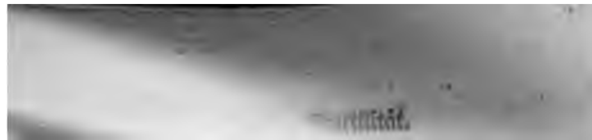
d) Krystallinische Materie des Weinö
hält eine krystallinische Materie in Suspension,
von 0,980 spec. Gewicht ist, bei 110° C. schmilzt,
flüchtigt u. s. f. (Fechner's Rep. der N. Entd. b

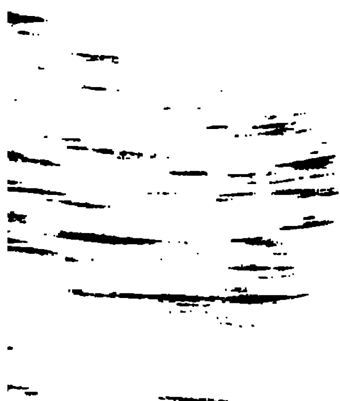
2) Weinsäure und Traubensäure. T
mit der Weinsäure oder Weinsteinsäure zugleich i
besitzt (im wasserfreien Zustande) mit ihr die gl
4 At. Wasserstoff, 4 At. Kohlenstoff, 5 At. Sa
aber von ihr hauptsächlich durch folgende Merk
Krystallform als die Weinsäure. Sie, so wie
in Wasser löslich, als die Weinsäure und der
bensäure verwittert in der Wärme, die Wein
säure giebt nicht wie die Weinsäure ein reg
salz mit Kali und Natron u. s. w. (Pogg.
II. Nr. 11. S. 170.)

3) Knallsaures Silber und cyan
saure Silber entsteht durch Einwirkung v
ter Mitwirkung von Alkohol, das cyans
Auflösung von cyansaurem Kali (das t
Blutkohle entsteht) mit der Auflösung v
sind aus 1 At. Silber, 2 At. Sauerstoff,
stoff zusammengesetzt; unterscheiden sich
cyansaure Silber, für sich erhitzt, nic
verbrennt, während das knallsaure S
bewirkt und daß bei Zersetzung des c
(bei Gegenwart von Wasser) Kohlens
des knallsauren Silbers aber Blausäur
u. a. Schweigg. LXI. 503.)

4) Lösliche wasserfreie Cy
freie Cyanursäure, wasserha
merischen Verbindungen bestehen
Stickstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff
gangs in einander fähig. über
SW. oder Schweigg. J. LXII. 1

5) Phosphorsäure und
gewöhnliche Weise erhaltene, un
geglühte, oder längere Zeit a
Wasser aufgelöst gewesene unter
oder der, welche durch Verbre
atmosphärischer Luft erhalten
säure nennt, bei gleicher Zu
Sauerstoff, doch unter ande





...on Zink nahm das Eisen
...n und war [illegible]
mit 10000 Eisen
...n im höchsten
, wenigstens die
wenig Silicium
: Beym ... Gußeisen
Eisens erhöhe zu ...
; das Eisen ...
...gentheils der Phosphor
Dasselbe ... bei der
...att *). Da ...
., von welchem ... sagt
...größere, selbst wenn er ...
...scheint es ... so merkwürdiger,
...rbindung ... Eisen die Festig...
. dem Eisen wirklich eine größere
...ohlengehalt nicht viel über ¼ p. C.
dieser scheinbare Erfolg sei nur bei,
. Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit des
...rsuche zur Ausmittelung der Festigkeit
...ngestellt worden können, daß der Körper
...drückt wird, welchem Umstande es auch
...e Festigkeit des Roheisens in einem sehr
...relative Festigkeit des Stahls, des grauen
obgleich das weiße Roheisen von allen Ei...
Festigkeit besitzt **).

...ilität, Tenacität.

...i's ***). Durch Versuche, bei welchen C...
...n welchem Bleicylinder (von 24 Mill. Durchm...
... durch starke, gleich lange einwirkende und ...
... Stoß herabgelassene, Gewichte (von 1600 bis ...
... zu werden vermögen, hat derselbe gefunden, ...
...ung des Blei's auf seine Ductilität von bedeutend...
...ter dasselbe Blei bei Luftzutritt umgeschmolzen wor...
...me seine Ductilität, oder Fähigkeit, sich platt drü...

... und Zink gingen keine Verbindung mit dem Eisen
... die Festigkeit nur wenig; sonderbar aber ist, daß ein
...es Metalls die Auflöslichkeit der Mischung in Säure
...selbe 6 mal mehr Zeit erforderte, als reines Stabeisen.
...auch über die Haltbarkeit des Eisens, ... so fern es zur ...
...ges dienen soll, eine Abhandlung von ... in ...

... de Ch. ... [illegible]

„Wenn diese Idee, von einer Seite [illegible] scheinlichkeit hat, so kann man doch au[illegible] dieser Frage anführen: den verschiedene[illegible] und im Graphit; die Verschiedenheit de[illegible] sem Wege aus seinen Salzen durch Alk[illegible] Platinsalmiaks erhalten worden ist; d[illegible] talle, z. B. des Eisens, je nachdem sie [illegible] ren Temperatur durch Wasserstoffgas [illegible] Zustand des Titans und Tantals [illegible] durch Wasser von diesem befreit wor[illegible] rer Temperatur durch Kohle reducir[illegible] Löslichkeit in Fluorwasserstoffsäure [illegible] den u. s. w. Wenn einerseits zu[illegible] denartigkeiten durch eine ungleiche [illegible] leicht zu erklären sind, so muß man [illegible] die Atome der einfachen Körper [illegible] ständen auf mehr als eine Weise [illegible] können, und daß eine Zusamm[illegible] schiedenes Verhalten zum Licht [illegible] dung mit anderen Körpern herv[illegible] zu viel vermuthen."

III. Eigenschaften [illegible] Aggregatzustand. Ductilität.

[illegible] dadurch [illegible] Oberfläche des [illegible] man [illegible] unter einer starken [illegible]itzt, von deren Boden aus es [illegible] nichts von der Oberfläche in [illegible] stets abgehalten bleibt, so ver[illegible] schmelzen die Ductilität des Bleis [illegible]mperatur der Schmelzung ohne Ge[illegible] gefunden, daß das Maximum der [illegible] ziemlich spät erst erreicht wird. [illegible] 1760 Kilogr. die anfänglich durch [illegible]gedrückte Dicke eines Cylinders von [illegible] geschmolzen werden, binnen 1 Minute [illegible] auf 245 Theile, binnen 24 Stunden [illegible]

Nach Weber lassen sich menschliche [illegible]er Länge ausdehnen und werden dabei [illegible] wirkenden Kraft zieht sich das Haar zusam[illegible] Länge völlig wieder zu erhalten. Ein [illegible] Länge ausgedehnt worden, blieb um [illegible] worden, nahe um $\frac{1}{6}$ seiner ursprünglichen [illegible]

[illegible]schiedener Metalle. Wollaston**) [illegible] Platindrähte, deren einer [illegible] hielt, bestimmt durch die zum Zer[illegible] reducirt auf einen Normaldurchmesser [illegible] Pfund; die mittlere Zähigkeit von 11 Dräh[illegible] dünnster [illegible] Zoll im Durchmesser [illegible] Normaldurchmesser, = 589 Pfund; das [illegible] war 645 Pfund, das Minimum 480 [illegible] hiervon ein gröberer Draht von [illegible] feinerer Draht von [illegible] Zoll, der 190

[illegible] Quadrat-Millimeter Querschnitt folgende [illegible] bestimmen.

[illegible] nach der Richtung, nach [illegible] . . . . 41 Kil.

[illegible] p. viii. Auszug aus einer. von Navier [illegible]

...wicht senkrecht auf diese Rich-

...	86,4 Kil.
...	21,1
... Blei	1,85
... und solide Stäbe von gewöhnlichem und Krystallglas	6,18

Das Eisen fängt an sich merklich zu verlängern und in seiner Festigkeit zu leiden, wenn die Belastung wenigstens ⅔ derjenigen beträgt, welche das Zerreißen bewirkt. Derselbe Erfolg hat beim Kupfer Statt, wenn die Belastung die Hälfte von der beträgt, wodurch das Zerreißen bewirkt wird, und beim Blei durch eine Belastung, die etwas über diese Hälfte beträgt. Das Eisen verlängert sich manchmal um $\frac{1}{10}$ seiner ursprünglichen Länge, bevor es zerreißt, und das Kupfer um ⅕ dieser Länge, wobei die Querdimensionen entsprechend abnehmen. Das Blei, nachdem es sich ungefähr um $\frac{1}{10}$ verlängert hat, zieht sich unter der letzten Belastung, welche das Zerreißen bewirkt, langsam in die Länge (s'étire lentement).

Man kann nach Navier von den hier angegebenen Bestimmungen eine Anwendung machen, um zu bestimmen, welchen Widerstand Gefäße, die aus den angegebenen Substanzen bestehen, dem Zerplatzen entgegensetzen, wenn Dämpfe oder sonstige, mit großer Expansivkraft begabte, Stoffe darin eingeschlossen sind; denn wiewohl sich nicht a priori annehmen lassen würde, daß man die Resultate, die für einen, bloß in longitudinaler Richtung wirkenden Zug, gefunden wurden, auf Druckkräfte, durch welche eine Gefäßwand nach mehrern Richtungen zugleich gedehnt wird, übertragen darf, so wurde doch durch einen directen Versuch die Gültigkeit dieser Übertragung erwiesen.

Es wurden nämlich zwei sphärische Gefäße von ungefähr 0,80 Meter Durchmesser gegen 2½ *) Millimeter Dicke durch innere Druckkräfte von mehr als 160 Atmosphären zum Zerreißen gebracht. Die Kräfte, welche diesen Erfolg bewirkten, entsprachen, nach der Voraussetzung der Gültigkeit einer solchen Übertragung **) berechnet, Kräften von 46 Kilogrammen auf den Millimeter. Der Überschuß, der hiebei von der obigen Bestimmung Statt findet, wird von Navier auf Rechnung dessen geschrieben, daß das zu den kugelförmigen Gefäßen angewandte Blech von besserer Qualität als das zu obigen Versuchen angewandte war, und Navier schließt hiernach, daß eine Substanz, die nach mehrern Richtungen zugleich gedehnt wird, dessenungeachtet nach jeder Richtung denselben Widerstand leistet, als wenn diese Richtung die einzige wäre, nach welcher die Substanz gezogen wird.

*) Wahrscheinlich ein Druckfehler.

**) Es ist nicht beigefügt, nach welcher Regel sie geschahe.

zu lassen, ab, vermöge eines geringen Oxyd
langt, und zwar selbst dann, wenn bei jed
desoxydirende Substanzen, wie Talg und
Metalls gebracht werden. Dagegen, wenn
Decke feinen Kohlenpulvers in Tiegeln schmil
durch Hähne abgelassen werden kann, so daß
den Guß kommt und die Luft beim Gießen fi
ändert ein solches auch wiederholtes Umschme
nicht; auch ist in diesem Falle die Temperat
fluß darauf. Ferner hat Coriolis gefun
Plattdrückung durch ein gegebenes Gewicht z
So hatte sich unter einer Belastung von 176
680 Theile (jeder zu $\frac{1}{10}$ Millim.) ausgedrü
Blei, das unter Kohlenbedeckung geschmol
auf 317 Theile, binnen 1 Stunde auf 24
auf 223 Theile reducirt.

Dehnbarkeit der Haare *). Nac
Haare, ohne zu zerreißen, um $\frac{1}{5}$ ihrer Lä
dünner. Bei Nachlaß der ausdehnenden
men, ohne jedoch seine ursprüngliche Län
Menschenhaar, das um $\frac{1}{4}$ seiner Länge
und als es um $\frac{1}{3}$ ausgedehnt worden,
Länge verlängert.

Tenacität (Cohäsion) verschie aus
fand die mittlere Zähigkeit zweier feine der
der andere $\frac{1}{1250}$ Zoll im Durchmesser elbe
reißen erforderlichen Gewichte, und ret:
von $\frac{1}{10}$ Zoll = 409 (englische) Pfund eine
ten, deren dickster $\frac{1}{1500}$ und deren als
hält, reducirt auf den vorigen N
Maximum unter diesen 11 Fällen
Pfund. Sehr entfernte sich jedoch nschaft
Zoll, der 290 Pfund, und ein Bewegung
Pfund erforderte. u. f. w.
gehandelt

Navier ***) fand für 1
Gewichte, welche das Zerreißen

Bei: scheint gewöhn
Eisenblech, wenn das Gewinde an bei
der das Blech gestreckt ist, so nimm
Rhomboeder sei
parallel
*) Pogg. XX. 2. halten ließe.
**) Pogg. XVI. 188. beständigt
***) Mém. de l'Acad. erhalten hat; den
vorgenommen, Abhandlung.)
****) Ann. de Chim. et de Phys.

2) Nicht alle der Are parallelen Ebenen haben eine gleiche Elasticität; wohl aber je drei derselben, die gleiche Winkel mit einander machen. So ist die Elasticität gleich in allen Ebenen, welche den spaltbaren Pyramidenflächen parallel liegen; aber sehr verschieden von der, welche der Are parallele, aber auf den Säulenflächen senkrechte, Ebenen darbieten u. s. f.

3) Aus dieser Identität der Elasticität in drei verschiedenen Richtungen scheint hervorzugehen, daß es im Bergkrystall drei Systeme von Elasticitätsaxen giebt.

4) Die von den Pyramiden- und Säulenflächen gebildete Kante, welche die große Diagonale des Hauptrhomboeders ist, ist die mittlere Elasticitätsaxe jedes Systems. Die, einer spaltbaren Pyramidenfläche parallele Ebene enthält die größere Are jedes Systems, welche zugleich die kleine Diagonale der Fläche des Grundrhomboeders ist; die Diagonalebene, welche die Rhomboederfläche in ihrer großen Diagonale schneidet *), enthält die Are der kleinsten Elasticität jedes Systems, welche senkrecht steht auf der mittleren Elasticitätsaxe und mit der größten Elasticitätsaxe einen Winkel von 57° 40′ 13″ bildet; in so fern, daß die Neigung der Rhomboederfläche gegen die Diagonalfläche ist. Mithin sind erstlich die Axen der größten und mittlern Elasticität, senkrecht auf einander stehend, in der Ebene der Rhomboederfläche enthalten, und zweitens befinden sich die Axen der mittlern und kleinsten Elasticität in der Diagonalfläche, ebenfalls senkrecht auf einander; oder es ist die stumpfe Kante des Grundrhomboeders der kleinsten, die große Diagonale der Rhomboederfläche der mittlern, und die kleine Diagonale derselben Fläche der größten Elasticitätsaxe parallel.

5) Zwischen der größten und kleinsten Elasticität im Bergkrystall findet ein größerer Unterschied Statt, als zwischen der größten und kleinsten Elasticität im Holze.

6) Der Kalkspath und Eisenspath scheinen hinsichtlich ihrer Elasticität im Allgemeinen dem Bergkrystall analog zu sein; man erkennt auch in ihnen drei Systeme von Elasticitätsaxen, die einander durchaus ähnlich zu sein scheinen; doch ist bei dem Kalkspath die kleine Diagonale der Rhomboederfläche die Are der kleineren Elasticität, während sie bei dem Bergkrystall die der größern ist.

Wir ziehen diese Resultate hier bloß vorläufig aus. In dem Kapitel von den Klangfiguren wird von den Erscheinungen, aus welchen dieselben hergeleitet sind, näher die Rede sein.

Elasticität der Metalle im Allgemeinen. Es ist schon S. 10 angegeben worden, daß man durch akustische Erscheinungen veranlaßt wird anzunehmen, daß selbst die gegossenen Metalle, deren Gefüge doch ganz homogen erscheint, nur als eine verworrene Anordnung kleiner Krystalle der Krystallsysteme zu betrachten sind, in so fern Scheiben, die aus fol-

*) Genauer bestimmt, die Ebene, welche, parallel einer stumpfen Kante des Grundrhomboeders, durch die große Diagonale der dieser Kante gegenüberliegenden Rhomboederfläche gelegt ist.

chen Metallen geschnitten worden sind, sich ganz wie Krystallscheiben hinsichtlich der von ihrer nach verschiedenen Richtungen verschiedenen Elasticität abhängigen Theilungsarten durch Schallschwingungen verhalten, und in so fern auch beim Erstarren gegossener Metalle Erscheinungen eintreten, welche dasselbe andeuten.

Eine natürliche Folge dieser Structur ist, daß die Elasticitätsunterschiede bei einem und demselben Metalle desto größer zu sein scheinen, je kleiner die angewandten Kreisscheiben, an denen man die akustischen Versuche anstellt, sind, weil diese Scheiben eine um so kleinere Anzahl krystallinischer Systeme enthalten, je kleiner ihr Durchmesser ist, mithin um so weniger eine Ausgleichung nach den verschiedenen Richtungen durch die verworrene Lage der Krystallsysteme bewirkt werden wird. Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt. So findet sich unter den beiden Tönen einer Scheibe von Blei, Zinn oder Zink, von 12 bis 15 Cent. Durchmesser selten ein größeres Intervall als ein halber Ton, während das Intervall häufig bis auf eine Quarte steigt, wenn die Scheiben aus jenen Metallen nur 3 bis 4 Centim. im Durchmesser halten.

Elasticität des Eisens. Mitis hat seine frühern Versuche über die Festigkeit und Elasticität verschiedener Eisen- und Stahlsorten (Baumg. Zeitschr. IV. 129) neuerdings fortgesetzt und erweitert. Da jedoch diese Versuche mehr technisch-praktisches Interesse haben, als zu neuen wissenschaftlich wichtigen Resultaten führen, so verweise ich darüber auf die Originalabhandlung in Baumg. Zeitschr. VI. 43.

Härte.

Härte der Krystalle von Frankenheim *). So wie die Krystalle nach verschiedenen Richtungen verschiedene Eigenschaften hinsichtlich ihrer Elasticität, ihres Verhaltens zum Licht und zur Wärme darbieten, so findet dasselbe nach Frankenheims Untersuchungen auch in Bezug zu ihrer Härte Statt, die sich keineswegs nach allen Richtungen gleich verhält; ja es zeigen sich selbst bei den Krystallen des Tessularsystems (z. B. Kochsalz) **) Härteunterschiede nach verschiedenen Richtungen, ungeachtet diese gegen Licht und Wärme sich nach allen Richtungen gleich verhalten.

Als allgemeines Ergebniß dieser Untersuchungen möchte das anzusehen sein, daß zwischen der Härte nach den verschiedenen Richtungen und den Blätterdurchgängen der innigste Zusammenhang herrscht, so daß die Richtungen der größten und kleinsten Härte sich aus der Lage der Blätterdurchgänge bestimmen lassen. Je mehr sich die Blätterdurchgänge an Deutlichkeit von einander scheiden, und unter je weniger schiefen Winkeln sie gegen einander und gegen die zu prüfende Fläche

*) Baumg. Zeitschr. IX. 94. 194. 332.

**) Hier sind die den Diagonalen der Fläche parallelen Linien härter als jene den Kanten parallelen.

desto genauer werden die Richtungen der größten und kleinsten Unter je schieferem Winkel aber der Blätterdurchgang ... de Fläche geneigt ist, desto weniger eignet er sich zur ... te, und seine Wirkung, nach dem Kräfteparallelo... der zweier Blätterdurchgänge zu gleichen, wovon ...l, der andere darauf senkrecht ist.

...ch den verschiedenen Richtungen sind unabhän... ... Beschaffenheit der Substanzen, so daß Körper von ... ...mischer Zusammensetzung, als z. B. der kohlensaure ... Natron, Flußspath, salpetersf. Strontian gleiche Härte... (nicht absolute Härten) nach verschiedenen Richtungen zeigen, ...selben oder einander ähnliche Gestalten und gleichgeartete Blät... ...gänge besitzen, dagegen Körper auch von derselben Gestalt aber ver...schiedenen Blätterdurchgängen jederzeit auch in ihren Härteverhältnissen von einander abweichen.

Man kann dreierlei Arten von Härteunterschieden je nach der Art ihres Vorkommens an demselben Krystalle annehmen; nämlich Härteunterschiede:

1) auf derselben Linie, je nachdem man in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung streicht;
2) auf derselben Fläche je nach verschiedenen Richtungen;
3) auf verschiedenen Flächen desselben Krystalls.

Das Statthaben der Unterschiede ersterer Art ist an die Bedingung gebunden, daß eine Theilungsfläche unter einem stumpfen Winkel gegen die Strichlinie, in der man die Härte prüft, geneigt sei, wo dann jene Richtung die größte Härte zeigt, die gegen die durch den Anfang der Linie gehende Theilungsfläche unter einem stumpfen Winkel geneigt ist, jene die geringere, deren Neigungswinkel ein spitzer ist *). Sind zwei Theilungs...flächen vorhanden, deren eine unter einem stumpfen, die andere unter einem spitzen Winkel gegen die Streichlinie geneigt ist, so können sich die Wirkungen compensiren. Die Unterschiede zweiter Art sind größtentheils ... geringer, als die der dritten Art und nur mit größerer Mühe zu beobachten, gestatten aber auch, einmal entdeckt, eine größere Sicherheit. ...ziehung auf diese Unterschiede zweiter und dritter Art möchten folgende ...

*) Am leichtesten sind diese Unterschiede am rhomboedrischen Kalkspath zu beobachten. Unter allen Linien auf den Flächen desselben sind es bloß die den längeren Diagonalen, welche zwischen zwei schiefen oder zwei stumpfen Ecken liegen, parallelen Linien (Linien der größten Härte), die, in beiden Richtungen gestrichen, denselben Härtegrad zeigen, dagegen sich das Maximum des Unterschiedes in dieser Hinsicht auf den Linien der kleinsten Härte zeigt, welche parallel den kürzern Diagonalen sind, die zwischen einer stumpfen und einer scharfen Kante liegen; indem sie in der Richtung von der stumpferen zur schärferen Ecke gestrichen eine beinahe jener der längeren Diagonale gleiche Härte zeigen, in der entgegengesetzten Richtung gestrichen aber die kleinste Härte am ganzen Krystall. Ähnliche Erscheinungen werden auch bei andern Krystallen, besonders auffallend am salpetersauren Natron beobachtet.

chen Metallen geschnitten worden sind, ... Resultaten ...
sichtlich der von ihrer nach verschiedenen Gegenstand zu geben...
tät abhängigen Theilungsarten durch Querdurchgang Statt ...
so fern auch beim Erstarren gegossen ... auf den Blätterdurchgang ...
welche dasselbe andeuten. ... Richtung und, wie schon ...

Eine natürliche Folge ... Richtungen um so mehr zu ...
schiede bei einem und demselben ... die geprüfte Fläche geneigt ist.
kleiner die angewandten Kreise ... senkrechte gleich deutliche ...
suche anstellt, sind, weil die ... rechten oder nicht sehr schiefen ...
linischer Systeme enthalten ... Richtung geneigt sind, so ist die Härte ...
weniger eine Ausgleichung ... als in der Richtung der Blätter...
worrene Lage der Krystallisationsgänge ungleich spaltbar, so ist die ...
durch die Erfahrung bestätigen in der auf den deutlichern Blätter...
einer Scheibe von Blei ... zwei Blätterdurchgänge gleich ...
selten ein größeres Intervall schiefen Winkel gegen einander ...
häufig bis auf eine ... die Ebene der Beobachtung geneigt, ...
nur 3 bis 4 Centim. ... der Diagonalen, welche ihren spitzen Winkel ...
Elasticität ... Richtung der Diagonalen, welche ihren stumpfen ...
die Festigkeit und ... Härte.
Zeitschr. IV. ...) ... sich auf allgemeine Weise die Beziehung der ...
Versuche mehr ... und kleinsten Härte auf jeder Fläche in Bezug zu ...
schaftlich nicht ... Blätterdurchgänge voraussehen lassen, indem auch bei ...
gonalabhandlung ... geneigten Blätterdurchgängen ein ähnlicher ...
... größten und kleinsten Härte zu der Lage der ...
... deutlichern Blätterdurchgänge erkannt wird, als im ...
... Art ... doch die Beobachtungen noch zu keiner sichern ...
... Fälle ... können. wie sich die Wirkung der verschiedenen ...
... hiebei zusammensetzt, daher man vorläufig noch ...
... Beobachtungen selbst zu sammeln hat.
... auf die verschiedenen Flächen geben folgende Regeln:
... welche die Krystallgestalten ... zeigen, ...

... allgemeinen ... die mittlere Härte einer Fläche im ...
... zu ihrer Theilbarkeit ... und jede ...
... die ... auf den ... Flächen ...
... jene die ... auf die ...
... Flächen nähern, ...
... der Flächen mit der Richtung der größten und ... Härte ...
... in Verbindung ... nicht ...
... Richtungen der größten und kleinsten Härte der Flächen und ...
... immer ... müssen.

... Verfasser ... Bestimmungen ... ausführliche ...
... nähere Erläuterungen ... Es ... nach der allgemeinen ...
... der angeführten ... mineralogischen als

physikalischen Interesse sein möchte, so verweise ich hierüber auf die Originalabhandlung.

Verfahren der Untersuchungen. Das Verfahren, mittelst dessen der Verf. seine Resultate fand, war folgendes: Die Krystalle wurden auf ganz glatten reinen und wo möglich erst vor kurzem blosgelegten Flächen mit Stengelchen oder Nadeln von Zink, Blei, Zinn, Gold, Silber, Kupfer und Eisen von verschiedener Härte, härtere Krystalle mit Topas und Sapphir gestrichen, um zu beobachten, ob die Flächen davon geritzt wurden. Aus diesen Körpern wurden jene gewählt, welche den zu prüfenden Krystall an Härte am wenigsten übertrafen. Bei jedem Krystall wurden nur jene Beobachtungsresultate mit einander verglichen, welche mittelst desselben Stengelchens möglichst schnell hinter einander erhalten wurden.

Zusatz. Frankenheim *) stellte einige Versuche auch über die relative Leichtigkeit an, mit welcher verschiedene Flächen, Kanten oder Ecken eines und desselben Krystalls durch schwache Säuren oder Salzauflösungen angegriffen werden; und sahe dabei häufig einige Flächen in Kurzem ihren Glanz verlieren, während ihn andere länger beibehielten; die Kanten oder Flächen bald concav, bald convex werden, und wenn der Krystall aufgelöst ward, einige Winkel ihre Schärfe beibehalten oder vermehren, andere dagegen sich in Kurzem abrunden. Die Resultate fallen nach dem Verfasser constant aus, sind jedoch nicht näher von ihm specificirt worden. Wahrscheinlich stehen sie in nahem Bezuge zu den vorerwähnten, die der Verf. über die Härte der Krystalle nach verschiedenen Richtungen und an verschiedenen Flächen erhalten hat, was jedoch noch nicht näher untersucht ist. Auch die Versuche Daniell's (in den Ann. de Ch. et de Ph. II. 287. IV. 35) haben einige Beziehung zu denen Frankenheim's, doch wurde von Daniell nicht die Einwirkung der Flüssigkeiten auf einzelne Krystallflächen, sondern auf zusammengesetzte Krystalle untersucht.

IV. Über die mathematische Betrachtung der Gleichgewichts- und Bewegungserscheinungen im Allgemeinen.

Die mathematische Behandlung der Gleichgewichts- und Bewegungserscheinungen der Körper hat in neuern Zeiten höchst wichtige und folgenreiche Fortschritte gemacht, und zwar haben sich seit Laplace und Lagrange die umfassendsten Verdienste in dieser Hinsicht Fourier, Cauchy und Poisson erworben, während andere, wie z. B. Gauß, Navier u. a. einzelne Probleme glücklich behandelt haben. Eine ausführliche Entwickelung dessen, was von diesen Mathematikern geleistet worden ist, kann

*) Baumg. Zeitschr. IX. 197.

hier nicht Platz finden; es mag daher an einer kurzen Angabe dessen genügen, was mir hauptsächlich in diesen Beziehungen Bemerkung zu verdienen scheint.

1) **Poisson und Cauchy haben zuerst bei der Behandlung der Gleichgewichts- und Bewegungs-Erscheinungen die bisher stets zu Grunde gelegte Vorstellung verlassen, daß die Körper continuirliche Massen seien und statt dessen die Vorstellung derselben als Aggregate discontinuirlicher Theilchen angenommen.**

Allerdings hat schon Laplace die Vorstellung entwickelt, zu der sich auch nachher der größte Theil der Physiker bekannt hat, daß die Körper wohl Aggregate discontinuirlicher Theilchen sein möchten; indeß haben weder er selbst, noch seine Nachfolger bei der mathematischen Behandlung der Probleme des Gleichgewichts und der Bewegung der Körper auf Abstände zwischen den einzelnen Theilchen Rücksicht genommen, vielmehr die Summirung der Wirkungen der einzelnen Theilchen stets so vorgenommen, als wenn letztere eine continuirliche Masse bildeten. Dieses nun ist unstreitig zulässig, so lange es sich um Kräfte handelt, welche von Außen auf die Körper einwirken, wie die Anziehungen gegen andere Körper, Stoßkräfte, die von andern Körpern geäußert werden; allein diese Vorstellungsart kann öfters ungenügend werden, wenn sich die Berechnung auf Erscheinungen bezieht, bei denen Wirkungen, welche die einzelnen Theilchen der Körper selbst auf einander äußern, ins Spiel kommen, Wirkungen, von deren Verschiedenheit nicht nur die Verschiedenheit der Aggregatzustände, sondern auch die Verschiedenheiten in den Eigenschaften Elasticität, Härte u. s. w. abhängen. In diesen Fällen kann es öfters (nach Poisson überhaupt, nach Cauchy wenigstens bei festen Körpern vergl. S. 21) unzulässig werden, die summirten Wirkungen der kleinsten Theilchen auf bestimmte Integrale (die zwischen den Gränzen Null und Unendlich genommen werden) zurückzuführen, statt deren man vielmehr Summen mit endlichen Differenzen der Variabeln beizubehalten hat.

Poisson und Cauchy scheinen ziemlich gleichzeitig *) und unabhängig von einander die in Rede stehenden Probleme aus diesem neuen Gesichtspunkte betrachtet und behandelt zu haben; der erste zuerst in seiner Abhandlung: Sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques in den Mém. de l'Acad. royale 1829, T. VIII. 357; dann in mehreren darauf folgenden Abhandlungen, welche auch die flüssigen Körper betreffen, ibid. IX. 1. X. 317. und Journ. de l'école polyt. cah. XX; Cauchy zuerst in seinen Exercices de Math. T. III. 188 in der Abhandlung: Sur l'équilibre et le mouvement d'un système de points matériels sollicités

*) Poisson's Abhandlung in den Mém. de l'Acad. royale VIII. war mindestens noch nicht erschienen, sondern bloß eine Inhaltsangabe derselben in den Ann. de Ch. et de Ph., als Cauchy's Untersuchungen über diesen Gegenstand in seinen Exerc. de Math. ans Licht traten. (Vergl. diese Exerc. III. p. 188.)

ur des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle; dann noch mehreren ndere Abhandlungen in denselben Exercices (besonders III. 213. IV. 129), obei auch einige Erörterungen desselben in dem Bull. univ. des scienc. athem. et phys. T. XI. p. 413. XII. 223 verglichen zu werden ver-enen.

Cauchy hat das Problem des Gleichgewichts und der Bewegung von ystemen materieller gesonderter Theilchen in ungleich größerer Allgemein-eit aufgefaßt, als Poisson, denn während letzterer seine Vorstellungen ber die Verhältnisse der kleinsten Theilchen der Körper nur bei Gelegen-eit der speciellen Probleme, die er behandelt, entwickelt und so weit in e Rechnung hineinzieht, als es für den betreffenden Gegenstand erforder-ch ist *); hat Cauchy diese Verhältnisse selbst auf die möglichst allge-eine Weise, so weit es für die jetzige Analyse überhaupt ausführbar zu in scheint, aufgefaßt und der Berechnung unterworfen, und so Gleichungen halten, die sich dann einer großen Menge specieller Suppositionen fügen, nd solchergestalt sehr fruchtbar werden können.

Die Voraussetzungen, für welche Cauchy die allgemeinen Gleichun-en aufsucht, sind folgende **):

Es sind eine sehr große Menge materieller Punkte oder Molecule egeben, die willkührlich in einem Theile des Raumes vertheilt sind und urch gegenseitige Anziehungs- oder Abstoßungskräfte sollicitirt werden ***). s wird angenommen, die Anziehungs- oder Abstoßungskraft zwischen je weien Theilchen m und m' sei gleich dem Producte ihrer Massen, multi-plicirt durch eine (unbestimmt gelassene) Function ihres gegenseitigen Ab-standes; es sei aber die Wirkung beider Theilchen auf einander und die erwähnte Function des Abstandes so beschaffen, daß sie nur für sehr kleine Werthe des Abstandes noch merkliche Werthe behält. Ferner beschränkt sich die Herleitung der Gleichungen auf den Fall, daß die Änderung des Abstandes je zweier Theilchen nur in einem, wenig von der Einheit ver-schiedenen, Verhältniß geschieht.

Unter diesen, sehr allgemeinen, Voraussetzungen nun findet Cauchy Gleichungen ****), die sich auf alle, in der Natur vorkommende Körper (selbst Licht- und Wärmefluidum) scheinen anwenden zu lassen; je nachdem man gehörige, der physikalischen Beschaffenheit dieser Körper entsprechende, Voraussetzungen in dieselben substituirt. Durch solche Voraussetzungen für besondere Fälle lassen sie sich, je nach der Beschaffenheit der betrachte-

*) Diese Vorstellungen sind S. 19 mitgetheilt worden.

**) Exerc. III. p. 188.

***) Eine besondere Wirkung der materiellen Theilchen und der Wärme irb hiebei nicht unterschieden.

****) Man erhält die allgemeinsten Gleichungen, wenn man in Cauchy's xerc. III. in die Formeln (32) und (34) pag. 197 und 198 die Werthe von , 𝔜, 𝔷 substituirt, die durch die Gleichungen (25), (26), (30), (31) gegeben erden. (Vergl. auch Ostrogradsky in Bull. un. des sc. math. XIV. 249.)

ten, Körper, mehr oder minder vereinfachen, während sie in ihrer allgemeinsten Form allerdings so complicirt sind, daß sie sich schwer übersehen lassen und direct gar keine Brauchbarkeit haben würden, ungeachtet bei der Entwickelung derselben die Potenzen der Abstände der Theilchen, welche die zweite übersteigen, und die Potenzen der Ortsveränderungen der Theilchen, welche die erste übersteigen, vernachlässigt worden sind.

2) Die allgemeinen Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen fester elastischer Körper sind neuerdings zuerst gegeben worden, während man früher bloß einzelne davon abhängige Probleme nach besondern Betrachtungen behandelt und gelöst hatte.

Zuerst Navier, dann ziemlich gleichzeitig Cauchy und Poisson *) haben, jeder auf eigenthümlichem Wege, diese Gleichungen entwickelt.

Die Untersuchungen Navier's und Poisson's betreffen bloß Körper, die nach allen Richtungen gleich elastisch sind. Navier ferner hat bloß die Differenzialgleichungen gegeben, ohne sie zu integriren oder für besondere Fälle anzuwenden; und wiewohl seine Gleichungen mit denen von Poisson in der Form übereinkommen, so hat doch über die Principien, von denen er dabei ausgegangen ist, eine lebhafte Discussion zwischen Navier und Poisson Statt gefunden **). Indeß, wenn auch Navier das Verdienst bleibt, die allgemeine Form jener Gleichungen zuerst aufgefunden zu haben, so hat doch jedenfalls Poisson das weit größere, sie, nachdem er sie auf eigenthümlichem Wege, unter der Betrachtung der Körper als Aggregate discontinuirlicher Theilchen, von Neuem hergeleitet hat, integrirt ***), und durch mannichfaltige Anwendungen der Verglei-

*) Nur eben sind mir auch die Untersuchungen von Lamé und Clapeyron in Crelle J. VII. S. 150. 237. (deren Fortsetzung jedoch noch erst erwartet wird) zu Gesicht gekommen, welche ebenfalls zu Gleichungen von derselben Form als die Navierschen führen. Sie betreffen gleich den Navierschen Untersuchungen nur homogene Körper, welche nach allen Richtungen gleich elastisch sind. — Ich weiß nicht, ob Pagani seine Untersuchungen über denselben Gegenstand, die er wenigstens zu geben beabsichtigt hat, (vergl. Quetelet Corresp. T. VI. p. 87) schon mitgetheilt hat.

**) Vergl. über diese Discussion von Navier's Seite Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 304. XXXIX. 145. XL. 99. Bullet. des sc. math. XI. 212; von Poisson's Seite Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 435. XXXIX. 204. — Vergl. auch über diese Discussion Arago in Ann. de Ch. et de Ph. XL. 107. und Pagani in Quetelet Corresp. math. T. VI. p. 87.

***) Die partielle Differenzialgleichung, welche die Gesetze der kleinen Schwingungen homogener nach allen Richtungen gleich elastischer Körper auszudrücken dient, läßt sich auf folgende Form bringen:

$$\frac{d^2 \varphi}{d t^2} = a^2 \left(\frac{d^2 \varphi}{d x^2} + \frac{d^2 \varphi}{d y^2} + \frac{d^2 \varphi}{d t^2}\right).$$

Die Integration dieser Gleichung hat Poisson schon früher in den Mém. de l'Acad. T. III. gegeben. Die Reduction der Gleichung des Problems auf dieselbe aber in einem Article additionnel in den Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 6[illegible]. Andere Integrale, welche für die Herleitung physikalischer Folgerungen bequemer

[illegible]gung mit der Erfahrung zugänglich und somit erst eigentlich wirklich prüfbar gemacht zu haben; und sind gleich solche Suppositionen ebenfalls nicht von allen Schwierigkeiten frei *), so hat doch die Erfahrung selbst die Resultate, zu denen er dadurch geführt worden ist, bis jetzt durchgehends bestätigt.

Die Arbeit Navier's ist in den Mém. de l'Acad. 1827. T. VII. p. [illegible] (kurze Angabe der definitiven Formeln im Bullet. univers. des sc. math. X. [illegible]) enthalten; die Abhandlung Poisson's in den Mém. de l'Acad. T. VIII. 357. [illegible].

Cauchy hat seine Untersuchungen sämmtlich in seinen Exercices de math. niedergelegt. Sie führen in Bezug auf Körper, welche nach allen Richtungen gleich elastisch sind, zu Formeln, welche in der Form mit denen von Poisson und Navier übereinstimmen. Außerdem aber hat er noch, und dies ist sein eigenthümliches Verdienst **), die allgemeinen Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen für Körper, die nach verschiedenen Richtungen verschieden elastisch sind, gegeben. Überhaupt tragen seine Untersuchungen den Mangel der größten, allerdings oft [illegible]enden, Allgemeinheit, und umfassen neben den Gleichungen für die [illegible] festen Körper auch die für Körper, die der Elasticität gänzlich [illegible] sind. Brauchbare Anwendungen seiner Formeln vermißt man zwar [illegible], doch ist er viel weniger darauf eingegangen, als Poisson.

Da die Cauchy'schen Untersuchungen in vielen einzelnen Abhandlungen der Exercices zersplittert sind, so wird dem, der an ihr Studium gehen will, eine Übersicht ihres Ganges hier vielleicht willkommen sein.

Cauchy entwickelt zuvörderst die allgemeinen Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen fester sowohl als flüssiger Körper unter Voraussetzung, daß diese Körper continuirliche Massen sind (Ex. II. 108. III. 166), nachdem er über die Verhältnisse der Druck- und Spannkräfte, welche in den Körpern um denselben Punkt nach verschiedenen Richtungen wirksam sind (Ex. II. 42, weiter entwickelt in IV. 30. 41), so wie über die Verhältnisse, welche bei der Contraction und Dilatation der Körper Statt finden (Ex. II. 60. III. 237. IV. 216), sehr allgemeine und durch besondere Eleganz ausgezeichnete, Entwickelungen gegeben, die hiebei benutzt werden. Von hier aus leitet er die Gleichungen des inneren Gleichgewichts- und Bewegungszustandes eines nach allen Richtungen gleich elastischen Körpers für den Fall sehr kleiner Gestaltänderungen unter folgenden zwei Voraussetzungen ab (Ex. III. 167):

sind, hat Poisson in den Mém. de l'Acad. T. X. p. 582 gegeben, und ebendaselbst p. 594 auch die, von Ostrogradsky unter einer noch andern Form dargestellten Integrale derselben Gleichung mitgetheilt.

*) Vergl. darüber Navier in den vorerwähnten Diskussionen.

**) Dieses Verdienst scheint mir in der That nicht gering zu sein, da nach dem S. 10 und 13 Erörterten, Körper, die nach allen Richtungen gleich elastisch wären, kaum in der Natur vorzukommen scheinen.

1) daß Druck oder Zug bloß der linearen Contraction oder Dilat[illegible] nur nach der Richtung des Drucks oder Zugs proportional sei (pag. 16[illegible]—176);

2) für die allgemeinere Voraussetzung, daß Druck oder Zug [illegible] zwei Theilen bestehe, deren einer der Linear-Contraction oder Dilatat[illegible] ε nach der Richtung des Drucks oder Zugs, der andere der Volum[illegible] änderung v des Körpers einfach proportional sei, so daß [illegible]

$$w = k\varepsilon + Kv$$

[illegible] k und K constante Größen sind (pag. 177. [illegible]). Die Gleich[illegible] welche er solchergestalt findet, stimmen mit denen überein, die Pois[illegible] und Navier auf andere Weise gefunden haben, wofern man [illegible] Cauchyschen Gleichungen k = 2 K setzt *).

Cauchy faßt jetzt das Problem der elastischen Körper von Neuem [illegible] dem Gesichtspunkte auf, daß es Aggregate sehr kleiner [illegible] licher Theilchen sind, für welche Aggregate er die allgemeinen Gleich[illegible] wie schon erwähnt (Ex. III. 188. 213. IV. 129), entwickelt hat. [illegible] gewisse Suppositionen, welche der Beschaffenheit von festen, nach [illegible] denen Richtungen ungleich elastischen, Körpern zu entsprechen scheinen, [illegible] einfachen sich diese Gleichungen so weit, daß sie, Druck oder Zug [illegible] Innern des Körpers in seinem natürlichen Zustande für null angenom[illegible] noch 15, von der Beschaffenheit des Körpers abhängige, bis jetzt [illegible] anders als durch Erfahrung zu bestimmende, Coefficienten enth[illegible] (Ex. IV. p. 9 ff.)

Im Fall dreier, auf einander rechtwinklicher Elasticitätsaxen, [illegible] kleinern sich noch 6 (durch Erfahrung zu findende) Coefficienten [illegible] (Exerc. III p. [illegible]. IV. [illegible]), die sich dadurch bestimmen lassen, daß [illegible] die Schallgeschwindigkeit oder die longitudinale Schwingungszahl von [illegible] den, die nach 6 verschiedenen Richtungen aus einem solchen Körper [illegible] ausgeschnitten sind, ausmittelt **), und nimmt man an, daß die Elastic[illegible] tät nach allen Richtungen gleich wird, so reduciren sich diese Coefficient[illegible] auf zwei, oder, in so fern einer dieser Coefficienten gegen den andern [illegible] schwindet ([illegible] gegen R), auf einen einzigen (Ex. III. p. 211), wo [illegible] diese Gleichungen mit denen in der Form coincidiren, die nicht nur Na[illegible] vier und Poisson, sondern auch Cauchy selbst von andern Betracht[illegible] gen aus für diesen Fall gefunden haben.

*) Unter analogen Voraussetzungen, als den beiden vorigen, werden [illegible] von Cauchy die Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen an Körpern, [illegible] der Elasticität [illegible] (Exerc. III. p. [illegible].)

**) Man bestimmt nämlich die Coefficienten a, b, c, d, e, f in [illegible] [illegible] pag. 4 in Exerc. IV, indem man [illegible] die Schallgeschwindigkeiten [illegible] [illegible] (pag. [illegible]) [illegible] aus den longitudinalen Schwingungszahlen der Stäbe nach der Formel ([illegible] pag. [illegible]) [illegible] [illegible] mittelst der Gleichungen ([illegible]) und ([illegible]) pag. [illegible] [illegible] mittelst ([illegible]) und ([illegible]) pag. [illegible] a, b, c, d, e, f bestimmt.

Die speciellen Probleme anlangend, die Poisson und Cauchy behandelt haben, so sind zunächst von beiden die longitudinalen, transversalen und drehenden Schwingungen elastischer Stäbe der Untersuchung unterworfen worden *); wobei sich Poisson auf die Betrachtung gerader, cylindrischer, nach allen Richtungen gleich elastischer Stäbe von constantem Durchmesser beschränkt hat, während dagegen Cauchy viereckige Stäbe, und zwar sowohl gerade als gebogene, sowohl von constanter als variabler Dicke, und sowohl für den Fall einer nach allen Richtungen gleichen, als einer nach verschiedenen Richtungen verschiedenen Elasticität betrachtet. Indeß ist er keineswegs bei allen diesen Fällen bis zu numerischen Lösungen herabgestiegen, so daß seine Untersuchungen, (abgerechnet die Verallgemeinerung von Resultaten, die für Stäbe von gleichförmiger Elasticität gefunden worden sind, auf Stäbe von nach verschiedenen Richtungen verschiedener Elasticität) im Grunde nicht reicher an für die Erfahrung brauchbaren Resultaten sind, als Poisson's; doch ist ihm die Bestimmung der longitudinalen Schwingungszahl eines kreisförmig gebogenen Stabes (Exerc. III. 285. 365) eigenthümlich. Außerdem behandelt Cauchy bloß noch die Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen einer ebenen Platte von gleichförmiger und ungleichförmiger Elasticität (wovon die Klangfiguren abhängen) (Exerc. III. 328. IV. 1), jedoch ohne numerische Lösungen, während Poisson dieselben Probleme zwar nur in Bezug auf Platten von gleichförmiger Elasticität behandelt, aber auch für besondere Fälle numerische Lösungen giebt (Mém. de l'Acad. VIII. p. 545). Ferner hat auch Poisson die Gesetze der Schwingungen einer Kugel, einer Saite und einer rechteckigen und kreisrunden Membran definitiv entwickelt, so daß ungeachtet der größern Allgemeinheit von Cauchy's Untersuchungen, doch die Poissonschen bis jetzt für die Erfahrung viel fruchtbarer gewesen sind.

Die Resultate, die so erhalten worden sind, und ihre Vergleichung mit der Erfahrung, werde ich in der Lehre vom Schall mittheilen; Einiges, was die Gleichgewichtserscheinungen betrifft, wird auch in den nächsten Artikeln vorkommen.

Bei der großen Wichtigkeit der hier betrachteten Untersuchungen und der geringen Notiz, die man bis jetzt von den Cauchyschen Untersuchungen in Deutschland genommen zu haben scheint, schien mir eine etwas nähere Mittheilung ihres Inhalts und Zusammenstellung mit den Poissonschen hier nicht am unrechten Orte zu sein.

8) Die Gleichgewichts- und Bewegungserscheinungen der Flüssigkeiten anlangend, so sind die allgemeinern Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen der Flüssigkeiten aufs Neue von Poisson unter Betrachtung der Körper als Aggregate discontinuirlicher Theilchen ent-

*) Poisson in Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 443. Cauchy in s. Exerc. III. 245. 284. IV. 15. 30. 43. 47.

1) das [illegible] einander befindlichen Flüssigkeiten [illegible] tien [illegible], namentlich auch in ihrer Anwendung [illegible] 167 — 175) [illegible] erörtert worden, in welchem letzten [illegible]

2) [illegible] neuerdings eine wichtige Arbeit bekannt gem[illegible] zwei Theile [illegible] vernachlässigte Umstände, auf die [illegible] nach [illegible] hat, nämlich die Variation des Dr[illegible] Änderung [illegible] den Gefäßwänden der Flüssigkeiten und das [illegible] [illegible] der Gleichheit des Drucks nach allen Richtung[illegible] [illegible] der Flüssigkeiten, haben Poisson veranl[illegible] [illegible] Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen der Flüssigkeiten [illegible] Bestimmungen abzuändern.

Die Lehre von den Capillarerscheinungen hat durch Gauß und Poi[illegible] eine neue und sicherere Begründung als früher durch Laplace [illegible] erhalten. Außerdem sind noch manche einzelne Probleme, deren [illegible] man in der Literatur der physikalisch-mathematischen Abhandl[illegible] zum Schlusse des zweiten Bandes finden wird, vollständiger oder g[illegible] als bisher gelöst worden.

[illegible] Man hat in der Behandlung der partiellen Differen[illegible] zialgleichungen (Partialgleichungen), zu welchen die mathema[illegible] tische Betrachtung so vieler physikalischen Probleme führt, in der Bestimmung der Werthe von bestimmten Integralen, auf welche die Integration der Partialgleichungen gewöhn[illegible] lich zurückgeführt wird, und in der, für die definitive [illegible] sung der Probleme sehr wichtigen Methode, die willkühr[illegible] lichen Functionen, welche in die Integrale der Partialglei[illegible] chungen eingehen, durch Reihen periodischer Quantitäten auszudrücken, neuerdings sehr wichtige Fortschritte gemacht.

Abgesehen von den schon etwas frühern Verdiensten, welche sich na[illegible] mentlich Laplace, Lagrange, u. a. in diesem Bezuge erworben haben, sind von neuen Leistungen darüber wiederum hauptsächlich die von Fou[illegible] rier, Gauß, Poisson und Cauchy zu nennen.

Fourier hat in seiner Théorie analytique de la chaleur und meh[illegible] reren andern Memoiren in Bezug auf die ganze Behandlungsart der, von der Lösung der partiellen Differenzialgleichungen abhängigen, Probleme in mehrerer Hinsicht gewissermaßen eine neue Bahn gebrochen, Poisson und Cauchy haben diese zum Theil verfolgt, zum Theil aber auch ganz eigenthümliche neue Wege eingeschlagen.

Die wichtigsten neuern Arbeiten in den angegebenen Beziehungen [illegible]

*) Mém. de l'Acad. IX. p. 1. X. p. 317. 549.; — Journal de l'école [illegible] [illegible] XX. (Gegenwärtig noch unter der Presse.)

**) Mém. de l'Acad. X. [illegible] und Cauchy Exercices V. 19.

***) Poisson in einer eignen Schrift, die noch unter der Presse ist (vergl. [illegible] et de [illegible] XLVI. 61.; Gauß desgl. in einer besondern Schrift: [illegible] generalis theoriae figurae fluidorum in statu aequilibrii, [illegible].

en überhaupt außer denen von Fourier in der angezeigten Schrift enthaltenen, folgende sein:

Über Integration der partiellen Differenzialgleichungen. Poisson in Mém. de l'Acad. 1818. III. p. 121; derselbe im Journal de l'école polyt. 1823. cah. XIX. 215 *). (Vergl. auch Poisson im Journal de l'école polyt. cah. XV. p. 318. und Bulletin de la soc. philom. 1815. p. 183. 1817. p. 180. 1818. p. 125. 1819. p. 118. 1822. p. 81.) — Cauchy im Journal de l'école polytechn. cah. XIX. p. 511; derselbe in Mém. de l'Acad. 1830. p. 97 **). (Vergl. außerdem Cauchy im Bulletin de la soc. philom. 1819. p. 10. 1821. p. 101; Cauchy Exerc. de Math. T. II. p. 121. 181. 192.) — Ampère im Journal de l'école polyt. cah. XVII. und cah. XVIII. p. 1 ***). — Ohm in der Leipziger Literaturzeitung, 1831. Nr. 122 ****). (Vergl. auch Corancez in Bull. univ. des sc. math. X. 111. Raabe in Baumg. und Ett. Zeitschr. VII. 159. Challis in Philos. Mag. 1829. Aug. 122. Oct. 296 u. a.)

Über die bestimmten Integrale. Poisson im Journal de l'école polyt. cah. XVI. XVII. 612. XVIII. 295. XIX. 404. und Mém. de l'Acad. T. VI. p. 571. (Vergl. auch Bullet. de la soc. philom. 1822. p. 134. und Bullet. univ. des sc. math. I. 332. X. 116.) — Cauchy in vielen Abhandlungen seiner Exercices de Mathematiques; ferner in einem Mémoire sur les intégrales définies prises entre des limites imaginaires. Paris, 1825; im Journal de l'école polyt. cah. XIX. p. 571; in Gergonne Ann. XVI. No. 4. XVII. No. 3. — Legendre in s. Traité des fonctions elliptiques etc. — (Vergl. außerdem Bernier in Gergonne Ann. XV. No. 6. oder Bull. univ. des sc. math. III. 88; Schmidten Disquisitio de seriebus et integralibus definitis. Havniae, 1825; Dirichlet in Crelle J. IV. 94 oder Bullet. univ. des sc. math. XI. 262 u. a.)

*) Die erstere dieser Abhandlungen, welche in den Mém. de l'Acad. enthalten ist, behandelt lineare Partialgleichungen mit constanten Coefficienten; die letztere (im Journal de l'école), eine Fortsetzung der erstern, eben solche Gleichungen mit variablen Coefficienten, und zwar letztere beide Abhandlungen fast ausschließlich solche Gleichungen, welche schon physikalische Wichtigkeit erlangt haben.

**) Die erste dieser Abhandlungen behandelt die linearen Partialgleichungen mit constanten Coefficienten ganz allgemein, in der zweiten werden die Formeln in Bezug auf eben solche Gleichungen mit variablen Coefficienten auszugsweise aus einer andern, wie es scheint noch nicht erschienenen, Arbeit mitgetheilt.

***) Die Abhandlung in cah. XVII, welchen Band ich mir noch nicht habe verschaffen können, scheint eine neue Methode zur Integration der Partialgleichungen zu enthalten, die in der Abhandlung in cah. XVIII. auf Gleichungen der ersten und zweiten Ordnung angewandt wird.

****) Ohm theilt hier auszugsweise aus einem bis jetzt noch nicht erschienenen Theile eines allgemeinen mathematischen Werks die (bisher noch nicht ermittelt gewesene) allgemeine Form mit, welche das allgemeine Integral einer Partialgleichung der $n$ten Ordnung zwischen m Variablen annehmen muß, so oft solches in endlicher Form dargestellt werden kann.

[illegible]

[illegible] Paris. 182[illegible]

[illegible] T. VII. [illegible]

Nicht unfruchtbar würde es sein, [illegible] von Gauß, [illegible] und [illegible] zu [illegible].

[illegible] Princip der Mechanik von Gauß***). Durch [illegible] Princip der virtuellen Geschwindigkeit mit dem d'Alembert'schen Princip hat Gauß folgendes Princip vorgetragen:

Es seien m, m', m'' … die Massen eines Systems von [illegible] Punkten; A, A', A'' … die Lagen, welche sie nach Verlauf der [illegible] einnehmen; B, B', B'' … die, welche sie nach dem Zeitmoment [illegible] möge ihrer erlangten Geschwindigkeiten und der beschleunigenden [illegible] von denen sie sollicitirt werden, einnehmen würden, wenn sie völlig frei wären. Die Lagen C, C', C'' … welche sie wirklich einnehmen, werden die sein, für welche die Summe $m\overline{BC}^2 + m'\overline{B'C'}^2$ … ein Minimum unter Beziehung aller Bedingungen des Systems ist.

*) Man kann aufrichtig sagen, daß die Einführung neuer Rechnungsarten, die im Grunde geleistet nicht mehr leisten, als die früher bekannten, vielmehr eine Überladung als ein Fortschritt der Wissenschaft zu nennen [illegible] scheint mir die Rückwärtsrechnung Cauchy's, wenn man sich einmal mit ihren Principien vertraut gemacht hat, in der That manche Vortheile zur Auffindung und Darstellung von Lösungen mathematischer und physikalischer Probleme zu gewähren, und wegen der Allgemeinheit und Eleganz der Formen, die sie an die Hand giebt, eine größere Beachtung zu verdienen, als sie bis jetzt in Deutschland gefunden zu haben scheint.

**) Bis jetzt sind sie zum dritten Hefte des fünften Bandes ([illegible] des Ganzen) gediehen.

***) Crelle J. IV. Heft 3.

[an]dern Falle des Gleichgewichts ist es die Summe $m\overline{AB}^2 + m'\overline{A'B'}^2 +$ [u. s.] w., welche ein Minimum ist.

Regel von Poisson *). Wenn ein Problem der Geometrie oder [M]echanik auf eine Partialgleichung führt, so ist nothwendig, daß alle [Q]uantitäten, wie die Geschwindigkeiten der beweglichen Körper, die Ordi[na]ten der Curven, die Neigungen ihrer Tangenten, die Krümmungsradien [u.] s. w., deren Differenziale in die Gleichung des Problems eingehen, dem [Gese]tze der Continuität unterworfen sind; denn diese Gleichung setzt we[sent]lich voraus, daß die Variation jeder dieser Quantitäten zu gleicher Zeit [mi]t dem Zuwachs der Variabeln, von welcher sie abhängt, unendlich klein [wir]d. Wenn es sich sonach um eine Partialgleichung von einer beliebigen [Or]dnung n handelt, welche

$$\frac{d^n y}{dx^n} \text{ oder } \frac{d.\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}}{dx}$$

[i]n sich enthält, so müssen die Werthe von y, $\frac{dy}{dx}$, $\frac{d^2y}{dx^2}$, bis inclusive $\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}$ dem Gesetze der Continuität unterworfen sein; die Quantität $\frac{d^n y}{dx^n}$ und alle Differenzialcoefficienten höherer Ordnungen aber brauchen [d]ie nicht nothwendig unterworfen zu sein; und bloß hierin läßt die Rech[nu]ng eine Discontinuität zu.

Im Original wird diese Regel durch ein Beispiel näher erläutert.

Regel von Cauchy **). Es sei eine Partialgleichung gegeben, in [w]elcher alle Ableitungen ***) (dérivées) der (gewöhnlich durch φ bezeichne[te]n) Hauptvariable in Bezug auf die unabhängigen Variabeln x, y, z, t [vo]n gleicher Ordnung sind. Wenn die Anfangswerthe der Hauptvariable [un]d ihrer Ableitungen in Bezug zur Zeit merklich null für alle Punkte [sin]d, welche in einem endlichen Abstande vom Anfangspunkte der Coordi[na]ten liegen, so werden diese Variable und ihre Ableitungen auch zu Ende [de]r Zeit t keine merklichen Werthe im Innern einer gewissen Oberfläche [ha]ben, welche solchergestalt die Oberfläche einer fortschreitenden Welle dar[st]ellt, durch die sich die Schall-, Lichtschwingungen u. s. w., für welche die Partialgleichung gilt, fortpflanzen. Die Gleichung dieser Oberfläche wird sich ferner leicht nach folgender Regel erhalten lassen.

Man ersetze in der Partialgleichung eine jede Ableitung der Hauptva[r]iable, welche in Bezug zu den unabhängigen Variabeln x, y, z, t genom-

*) Journal de l'école polyt. cah. XVIII. p. 452.
**) Mém. de l'Acad. 1821. T. X. p. 293.
***) Ich brauche diesen Ausdruck nach Eytelwein.

men ist, durch das Product dieser Variabeln, nachdem man dieselben zu Potenzen erhoben hat, deren Grade für jede unabhängige Variable bei die Anzahl der darauf bezüglichen Differenzirungen bestimmt werden *). Die neue Gleichung, welche man so erhält, wird von der Form

$$F(x, y, z, t) = 0$$

sein, und wird eine gewisse krumme Oberfläche vorstellen. Man betrachte jetzt den Radius vector, der vom Ursprunge zu einem beliebigen Punkt dieser krummen Oberfläche gezogen wird; man trage auf diesen Radius vector vom Ursprung an eine Länge auf, welche gleich dem Quadrat der Zeit dividirt durch denselben Radius ist, und lege dann durch das Ende dieser Länge eine Ebene senkrecht auf den Radius vector. Diese Ebene wird die Berührungsebene der Wellenoberfläche sein.

V. Über Druck, Zug, Contraction und Dilatation, Spannung, Torsion fester Körper.

Allgemeine Beziehungen zwischen den Druck- oder Zugkräften **) in festen Körpern. Die Betrachtung des Drucks tropfbarer Flüssigkeiten ist bekanntlich eine sehr einfache Sache. Jeder weiß, daß, wenn eine Masse Flüssigkeit sich unter dem Einflusse einer oder mehrerer Druckkräfte, die in ihrem Innern oder auf ihrer Oberfläche wirken, im Gleichgewicht befindet; dann vermöge der Art, wie sich diese Druckkräfte durch die ganze Flüssigkeit fortpflanzen, jeder Punkt einer Ebene, die man durch diese Flüssigkeit legt, einen senkrechten und von der Richtung der Ebene unabhängigen ***) Druck erfährt. Diese Eigenthümlichkeit des Drucks in Flüssigkeiten hängt mit der vollkommenen Beweglichkeit ihrer Theilchen zusammen, und findet sich nicht bei festen Körpern wieder. Die allgemeinen Bedingungen, unter welchen ein fester, sei es elastischer oder nicht elastischer, Körper unter dem Einfluß auf oder in demselben wirksamer Druck- oder auch Zugkräfte im Gleichgewicht sein kann, sind vielmehr viel complicirter und nicht auf so einfache Ausdrücke zu bringen, als di

*) Also wird man z. B. setzen:

$$x^2 y^2 \text{ statt } \frac{d^4 \varphi}{dx^2 dy^2}$$

$$x^4 \text{ statt } \frac{d^2 \varphi}{dx^4}$$

$$x^3 y \text{ statt } \frac{d^4 \varphi}{dx^3 dy}$$

u. s. f.

**) Druckkraft und Zugkraft unterscheiden sich nur durch ihre, in Bezug a die Punkte, von denen aus sie wirken, entgegengesetzte Richtung.

***) d. h. bei jeder Richtung der Ebene gleich bleibenden.

in Flüssigkeiten. Der Druck oder Zug, den jeder Punkt einer durch den festen Körper gelegten, Ebene erfährt, ist im Allgemeinen nicht senkrecht auf die Ebene, und seiner Größe nach nicht unabhängig von der Richtung der Ebene; vielmehr findet man durch mathematische Betrachtungen folgenden Satz, den ich hier, als in Worten leicht auszusprechen, voranstelle:

Wenn ein fester, sei es elastischer oder nicht elastischer, Körper sich unter dem Einflusse von Druckkräften, die auf seiner Oberfläche oder in seinem Innern wirken, im Gleichgewicht befindet, so erfährt vermöge der Art, wie sich diese Kräfte durch den festen Körper fortpflanzen, ein beliebiger Punkt m einer Ebene, die man durch den Körper legt, verschiedene und verschieden gegen die Ebene gerichtete Druckkräfte, je nachdem man die Ebene um den, als fix angenommenen Punkt dreht. Bei einer gewissen Richtung der Ebene wird dieser Druck auf den Punkt m ein Maximum, und zugleich senkrecht gegen die Ebene gerichtet sein. Bei einer andern, auf der vorigen rechtwinklichen, Richtung wird dieser Druck ein Minimum, und wiederum senkrecht gegen die Ebene gerichtet sein, und noch wird es eine dritte, auf die vorigen beiden senkrechte, Richtung der Ebene geben, wo der Druck abermals senkrecht gegen die Ebene in m wird; bei allen andern Richtungen der Ebene aber wird der Druck schief gegen die Ebene gerichtet sein, und zugleich verschiedene Größen erlangen, die sich dem Maximum oder Minimum nach Maßgabe nähern, als die Richtung der Ebene derjenigen Richtung nahe kommt, wo wirklich Maximum und Minimum Statt findet. Was hier für Druckkräfte ausgesagt ist, gilt eben so für Zugkräfte.

Dieser Satz jedoch umfaßt die Beziehungen, die zwischen den Druck- oder Zugkräften (oder beiden zugleich, wenn sie zugleich an einem Körper wirken) zum Gleichgewicht eines festen Körpers erforderlich sind, weder hinlänglich scharf noch vollständig. Diese Beziehungen sind von der Art, daß man, wenn man überhaupt die Größe und Richtung der Druck- oder Zugkräfte, die an demselben Punkte gegen drei auf einander rechtwinkliche Ebenen, die durch diesen Punkt gelegt sind, geäußert werden *), kennt, daraus die Größe des Drucks oder Zugs herleiten kann, welchen eine, durch diesen Punkt nach beliebiger Richtung gelegte, Ebene (an demselben Punkte erfährt. Cauchy **) hat diese Beziehungen mit möglichster Eleganz entwickelt, und es dürfte bei dem Interesse und der Wichtigkeit, die sie besitzen, manchem nicht unangenehm sein, sie hier mitgetheilt zu finden,

*) Oder, was dasselbe sagt, die an demselben Punkte einer Ebene in drei auf einander rechtwinklichen Lagen desselben (während der Punkt fix bleibt) sich äußern.

**) In s. Exerc. II. 42. III. 161. IV. 30. 41. Zu denselben Resultaten als Cauchy, jedoch von eigenthümlichen Betrachtungen aus, werden Lamé und Clapeyron geführt in Crelle J. VII. 165. 337. und Poisson in Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 383 ff.; doch hat letzterer diesen Gegenstand bloß beiläufig behandelt. Über den Ausdruck des Drucks und Zugs als Function der Molecularkräfte vergl. Cauchy's Exerc. III. 213.

wiewohl dies nicht ohne einigen Aufwand von mathematischen Zeichen geschehen kann. Hinsichtlich ihrer Herleitung, die nur durch höhere Rechnung geschehen kann, muß ich mich begnügen, auf Cauchy's Abhandlung selbst zu verweisen.

Es mögen im Folgenden bedeuten:

p', p'', p''' die Druck- oder Zugkräfte, welche respectiv gegen drei auf einander rechtwinkliche Ebene, die wir als Coordinatenebenen betrachten, an ihrem Durchschnittspunkte O geäußert werden, so daß:

p' die Kraft gegen die Ebene der $y\,z$
p'' die Kraft gegen die Ebene der $x\,z$
p''' die Kraft gegen die Ebene der $x\,y$.

Ferner sei:

p die Druck- oder Zugkraft, welche am Punkte O gegen eine durch denselben Punkt gelegte Ebene s geäußert wird, deren Perpendikel, nach der Seite, von welcher die Kraft p wirkt, verlängert, respectiv Winkel α, β, γ mit den Halbaxen der positiven Coordinaten x, y, z macht.

λ, μ, ν / λ', μ', ν' / λ'', μ'', ν'' / $\lambda''', \mu''', \nu'''$ } Die Winkel, welche respectiv die Richtungen von p, p', p'', p''' mit den Halbaxen der positiven Coordinaten x, y, z bilden, so daß λ der Winkel der Kraft p mit der Axe der x, μ der Winkel von p mit der Axe der y, ν der Winkel von p mit der Axe der z ist u. s. f.

δ der Winkel zwischen dem Perpendikel der Ebene s und der Richtung der Kraft p.

A, F, E die Projectionen der Kraft p' auf die Axen der x, y, z, so daß man hat:

$$A = p'\cos\lambda',\quad F = p'\cos\mu',\quad E = p'\cos\nu'$$

F, B, D die drei analogen Projectionen der Kraft p'', so daß:

$$F = p''\cos\lambda'',\quad B = p''\cos\mu'',\quad D = p''\cos\nu''$$

E, D, C die drei analogen Projectionen der Kraft p'', so daß:

$$E = p'''\cos\lambda''',\quad D = p'''\cos\mu''',\quad C = p'''\cos\nu'''.$$

Es seien ferner:

p_1, p_2, p_3 die Druck- oder Zugkräfte, welche respectiv gegen drei, sich in O rechtwinklich schneidende, mit den Coordinatenebenen nicht zusammenfallende, Ebenen am Punkte O geäußert werden.

$\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ / $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ / $\alpha_3, \beta_3, \gamma_3$ } Die Winkel, welche die Perpendikel vorstehender Ebenen respectiv mit den Halbaxen der positiven Coordinaten machen.

𝔄, 𝔉, 𝔈 / 𝔉, 𝔅, 𝔇 / 𝔈, 𝔇, ℭ } Die Projectionen von p_1, p_2, p_3 auf die Durchschnittslinien vorstehender Ebenen, (ganz analog den Projectionen A, F, E etc. für die Kräfte p', p'', p''' auf die Durchschnittslinien der Coordinatenebenen.)

Man findet dann folgende Bestimmungen:

1) **Gegenseitige Beziehung zwischen den Projectionen von p', p'', p''' auf die Coordinatenaxen**

$$p'' \cos\nu'' = p''' \cos\mu'''$$
$$p''' \cos\lambda''' = p' \cos\nu'$$
$$p' \cos\mu' = p'' \cos\lambda''$$

welche Formeln folgenden Satz includiren: Wenn man durch einen beliebigen Punkt O eines festen Körpers zwei sich rechtwinklich schneidende Axen, die wir P und Q nennen wollen, zieht, und auf P den Druck oder Zug projicirt, welchen die durch O senkrecht auf Q gelegte Ebene in O erfährt, so wird die erhaltene Projection denselben Werth haben, als die Projection, welche man durch Vertauschung der Axen erhält, d. h. als diejenige, welche sich ergiebt, wenn man auf Q die Kraft projicirt, welche die durch O senkrecht auf P gelegte Ebene in O erfährt *).

2) **Beziehung zwischen den Projectionen von p und denen von p', p'', p''' auf die Coordinatenaxen.**

$$p \cos\lambda = A\cos\alpha + F\cos\beta + E\cos\gamma$$
$$p \cos\mu = F\cos\alpha + B\cos\beta + D\cos\gamma$$
$$p \cos\nu = E\cos\alpha + D\cos\beta + C\cos\gamma$$

Diese Werthe von $p\cos\lambda$, $p\cos\mu$, $p\cos\nu$ stimmen in der Form mit den Werthen der rechtwinklichen Composanten der Kraft überein, welche einen materiellen Punkt sollicitirt, der sich in Gegenwart mehrerer fixen Centra von Anziehung oder Abstoßung findet, und sehr wenig entfernt von einer Lage ist, in welcher er inmitten dieser Centra im Gleichgewicht blieb. (Vergl. Cauchy's Exerc. II. p. 57.)

3) **Bestimmung der Intensität der Kraft p und ihrer auf s senkrechten Composante $p\cos\delta$, als Function der Projectionen von p', p'', p''' auf die Coordinatenaxen.**

$$p^2 = (A\cos\alpha + F\cos\beta + E\cos\gamma)^2 + (F\cos\alpha + B\cos\beta + D\cos\gamma)^2 + (E\cos\alpha + D\cos\beta + C\cos\gamma)^2$$

$$p\cos\delta = A\cos^2\alpha + B\cos^2\beta + C\cos^2\gamma + 2D\cos\beta\cos\gamma + 2E\cos\gamma\cos\alpha + 2F\cos\alpha\cos\beta.$$

4) **Bestimmung der Haupt-, Druck- oder Zugkräfte.** Unter Haupt-Druck-, oder Haupt-Zugkraft wird derjenige Druck oder diejenige Zugkraft verstanden, welche senkrecht ist auf die Ebene, gegen die sie sich äußert, und unter **Hauptrichtung** wird die Richtung einer solchen Druck- oder Zugkraft verstanden. Jedem Punkt in einem festen Körper entsprechen im Allgemeinen drei auf einander rechtwinkliche Haupt-, Druck- oder Zugkräfte; das heißt, wenn man die Richtung der durch einen beliebigen Punkt O des Körpers gelegten Ebene s fortgehends abändert, so

*) In Exerc. IV. p. 41. wird dieser Satz noch dahin verallgemeinert, daß man, unbeschadet des ganzen übrigen Ausdrucks obigen Satzes statt: zwei sich rechtwinklich schneidende Axen setzen kann: zwei einen beliebigen Winkel mit einander bildende Axen. Der obige Satz wird auch von Lamé und Clapeyron erwiesen in Crelle J. VII. S. 168.

[illegible] nicht ihre übrigen Aufwand von [illegible] [illegible] kann. Hinsichtlich ihrer Herleitung, die [illegible] [illegible] kann, muß ich mich begnügen, auf C[illegible] [illegible] verweisen.

Es mögen im Folgenden bedeuten:

p', p'', p''' die Druck- oder Zugkräfte, welche [illegible] einander senkrechtliche Ebene, die wir als [illegible] [illegible], in ihrem Durchschnittspunkte O geäuße[illegible]

p' die Kraft gegen die Ebene der y z

p'' die Kraft gegen die Ebene der x z

p''' die Kraft gegen die Ebene der x y.

Ferner sei:

p die Druck- oder Zugkraft, welche am Punkt[illegible] selben Punkt gelegte Ebene s geäußert wird, [illegible] Seite, von welcher die Kraft p wirkt, [illegible]

α, β, γ mit den Halbaxen der positiven Coordin[illegible]

λ, μ, ν; λ', μ', ν'; λ'', μ'', ν''; λ''', μ''', ν''' } Die Winkel, welche respectiv [illegible] p''' mit den Halbaxen der positive[illegible] den, so daß λ der Winkel der K[illegible] μ der Winkel von p mit der A[illegible] p mit der Axe der z ist u. s. f.

σ der Winkel zwischen dem Perpendikel der E[illegible] Kraft p.

A, F, E die Projectionen der Kraft p' auf [illegible] man hat

$$A = p' \cos\lambda', \quad F = p' \cos\mu',$$

F, B, D die drei analogen Projectionen de[illegible]

$$F = p'' \cos\lambda'', \quad B = p'' \cos\mu[illegible]$$

E, D, C die drei analogen Projectionen de[illegible]

$$E = p''' \cos\lambda''', \quad D = p''' \cos\mu[illegible]$$

Es seien ferner:

[illegible] die Druck- oder Zugkräfte, wel[illegible] [illegible] senkrechtliche schneidende, mit den C[illegible] [illegible] Ebenen am Punkte O geäußer[illegible]

[illegible] } Die Winkel, welche die [illegible] mit den Halbaxe[illegible]

[illegible] } Die Projectionen von [illegible] [illegible] Ebene [illegible] A, F, E etc. [illegible]

[illegible] der Coordinaten [illegible]

[illegible] Bestimmt [illegible]

kommt man auf drei auf einander rechtwinklige Lagen dieser Ebene, welchen eine senkrechte Druck- oder Zugkraft am Punkt O dag wirkt. Unter diesen drei Haupt-, Druck- oder Zugkräften befindet das **Maximum** und das **Minimum** der Druck- oder Zugkräfte, w überhaupt an dem Punkte O gegen dadurch gelegte Ebenen wirken.

Die Größe ϖ der drei Haupt-, Druck- oder Zugkräfte, welche denselben Punkt wirken, wird durch die drei Wurzeln folgender Gleich des dritten Grades bestimmt:

$$(A-\varpi)(B-\varpi)(C-\varpi) - D^2(A-\varpi) - E^2(B-\varpi) - F^2(C-$$
$$+ 2DEF = 0$$

und die Winkel a, b, c, welche die Richtung, nach der ϖ wirkt, mit Halbaxen der positiven Coordinaten macht, durch folgende Gleichungen:

$$\varpi = \frac{A\cos a + F\cos b + E\cos c}{\cos a} = \frac{F\cos a + B\cos b + C\cos c}{\cos b}$$
$$= \frac{E\cos a + D\cos b + C\cos c}{\cos c}$$

Ellipsoide oder Hyperboloide der Druck- und Zugkrä

Wenn man von dem Punkt O nach allen Richtungen radios vecto zieht, und auf jedem dieser Radien eine Länge r (vom Punkte O nimmt, welche gleich ist der Einheit, dividirt durch den Druck oder Z welcher sich am Punkte O gegen die Ebene äußert, die senkrecht auf Radius vector durch O gelegt wird $\left(r = \frac{1}{p}\right)$, so wird durch die so stimmten Enden dieser Radien die Oberfläche eines Ellipsoids bestim welches folgende Gleichung hat:

$$(Ax + Fy + Ez)^2 + (Fx + By + Dz)^2 + (Ex + Dy + Cz)^2 = 1 \quad ($$

die Axen dieses Ellipsoids fallen in die Hauptrichtungen und sind Haupt-, Druck- oder Zugkräften, die nach diesen Richtungen wirken, u gekehrt proportional.

Nimmt man statt jener Länge auf jeder der, um den Punkt O ge genen, Radien vielmehr eine Länge r, deren Quadrat den numerisch Werth der Einheit, dividirt durch die Projection der Druck- oder Z kraft *) auf den Radius vector darstellt $\left(r^2 = \pm \frac{1}{p\cos\delta}\right)$, so w durch die so bestimmten Enden dieser Radien die Oberfläche eines and Ellipsoids bestimmt, das in dem Falle, wo $p\cos\delta$ nach allen Richtun um O eine Zugkraft ist, folgende Gleichung hat:

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dyz + 2Ezx + 2Fxy = 1 \quad ($$

in dem Falle aber, wo $p\cos\delta$ nach allen Richtungen um den Punkt eine Druckkraft ist, durch folgende:

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dyz + 2Ezx + 2Fxy = -1 \quad ($$

die Axen dieser Ellipsoide fallen ebenfalls in die Hauptrichtungen.

*) Derjenigen nämlich, welche sich am Punkte O gegen die Ebene äuß die senkrecht auf den Radius vector durch O gelegt wird.

In dem Falle, wo $p\cos\delta$ nach manchen Richtungen um den Punkt O eine Zugkraft, nach andern eine Druckkraft wäre, würde man statt eines Ellipsoids ein System zweier conjugirten Hyperboloide erhalten, deren eines durch die Gleichung (b), das andere durch die Gleichung (c) ausgedrückt wird. Das erste dieser Hyperboloide hat eine einzige Schale (nappe), das zweite zwei Schalen. Sie haben denselben Mittelpunkt und werden im Unendlichen durch eine und dieselbe Kegelfläche des zweiten Grades berührt. Je nachdem sich das Ende des Radius vector auf dem einen oder andern dieser Hyperboloide befindet, wird die Kraft eine Zugkraft oder eine Druckkraft sein, und wird jedesmal da verschwinden, wo der Radius vector die Richtung einer Generatrix der berührenden Kegelfläche hat.

Im Falle die drei Haupt-, Druck- oder Zugkräfte einander gleich werden, verwandeln sich die drei Ellipsoide (a), (b), (c) in Kugeln; es findet dann Gleichheit des Drucks oder Zugs nach allen Richtungen Statt, und jeder Druck oder Zug ist senkrecht auf die Ebene, die ihn zu erleiden hat; so daß man hiedurch auf den Fall der Flüssigkeiten zurückgeführt wird. Ferner ergiebt sich, daß dieser letzte Umstand (des allenthalben senkrechten Zugs oder Drucks) in wesentlichem Bezug mit der Gleichheit des Drucks oder Zugs nach allen Richtungen steht, so daß sie sich stets wechselseitig begleiten. — Was aus den Ellipsoiden und Hyperboloiden (a), (b), (c) wird, wenn blos zwei Haupt-, Druck- oder Zugkräfte einander gleich werden, oder eine oder zwei dieser Hauptkräfte verschwinden, ergiebt sich eben so ohne Schwierigkeit nach der bekannten Umgestaltung, welche diese Flächen durch die entsprechenden Suppositionen für ihre Axen erfahren müssen.

Aus Betrachtung des Ellipsoids (a) läßt sich noch nachstehendes Theorem folgern:

Wenn man durch einen gegebenen Punkt O eines festen Körpers beliebig drei unter einander rechtwinkliche Ebenen legt, so wird die Summe der Quadrate der Druck- oder Zugkräfte, welche diese Ebenen an dem Punkte O erleiden, eine constante Größe sein, gleich der Summe der Quadrate der Haupt-, Druck- oder Zugkräfte *).

Beziehung zwischen den Projectionen A, B, C etc. und den Projectionen 𝔄, 𝔅, ℭ etc.

$$\mathfrak{A} = A\cos^2\alpha_1 + B\cos^2\beta_1 + C\cos^2\gamma_1 + 2\,D\cos\beta_1\cos\gamma_1 + 2\,E\cos\gamma_1\cos\alpha_1 + 2\,F\cos\alpha_1\cos\beta_1,$$

$$\mathfrak{B} = A\cos^2\alpha_2 + B\cos^2\beta_2 + C\cos^2\gamma_2 + 2\,D\cos\beta_2\cos\gamma_2 + 2\,E\cos\gamma_2\cos\alpha_2 + 2\,F\cos\alpha_2\cos\beta_2,$$

$$\mathfrak{C} = A\cos^2\alpha_3 + B\cos^2\beta_3 + C\cos^2\gamma_3 + 2\,D\cos\beta_3\cos\gamma_3 + 2\,E\cos\gamma_3\cos\alpha_3 + 2\,F\cos\alpha_3\cos\beta_3;$$

*) Denselben Satz folgern Lamé und Clapeyron in Crelle J. VII. S. 168.

kommt man auf drei auf einander rechtn
welchen eine senkrechte Druck- oder Z
wirkt. Unter diesen drei Haupt-, Dru
das Maximum und das Minimum der
überhaupt an dem Punkte O gegen dadurc

Die Größe ϖ der drei Haupt-, D
denselben Punkt wirken, wird durch die
des dritten Grades bestimmt:

$(A-\varpi)(B-\varpi)(C-\varpi) - D^2 (A$ [illegible]
$+ 2 D$ [illegible]

und die Winkel a, b, c, welche die
Halbaren der positiven Coordinat[illegible]

$$\varpi = \frac{A \cos a + F \cos b + [illegible]}{\cos a}$$
$= \frac{E \cos [illegible]}{}$

Ellipsoide oder H[illegible]

Wenn man von dem [illegible] zieht, und auf jedem [illegible] nimmt, welche gleich [illegible] welcher sich am Punkt [illegible]

Radius vector durch O [illegible]

stimmten Enden [illegible] welches folgende [illegible] $(Ax + Fy + F$ [illegible] die Axen die[illegible] Haupt-, [illegible] gekehrt propo[illegible]

Nimm[illegible] genen, Rad[illegible] Werth der [illegible]

[illegible]

Ist die Dicke $a - a'$ sehr klein und bezeichnet man sie mit α, so wie mit β den mittlern Radius $\frac{1}{2}(a + a')$, so hat man sehr nahe für den mittleren Radius $\frac{1}{2}(A + A')$ und für die Dicke $A - A'$ nach der Zusammendrückung:

$$\frac{1}{2}(A + A) = \beta - \frac{3(h - h')\beta^2}{20\,\varkappa\alpha} - \frac{(h + h')\beta}{10\,\varkappa} \qquad (6)$$

$$A - A' = \alpha + \frac{(h - h')\beta}{10\,\varkappa} \qquad (7)$$

(Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 380. Pogg. XIV. 177.)

10) Wenn eine Kugel Flüssigkeit oder fester Substanz, deren Radius vor dem Druck a′ ist, von einer festen kugelförmigen Hülle eingeschlossen wird, deren innerer Radius vor dem Druck a′, der äußere a ist, und wenn von der Oberfläche der innern Kugel aus ein eben so starker Druck h (auf die Einheit der Oberfläche bezogen) auf die innere Oberfläche der festen Hülle wirkt, als von Außen auf die äußere Oberfläche der Hülle geäußert wird, so ist der Radius A′ der innern Kugel nach dem Druck

$$A' = a' - \frac{9h\,a^3\,a'}{5\,D} \qquad (8)$$

$$\text{wo } D = \varkappa'(5a^3 + 4a'^3) + 4\varkappa(a^3 - a'^3)$$

$\varkappa'$ ist hierin dasselbe für die Substanz der innern Kugel, was $\varkappa$ für die der äußern ist. Da man nun für den Fall, daß ein Druck h ohne Gegenwart der äußern Hülle auf die innere Kugel wirkte, haben würde.

$$A' = a' - \frac{h\,a'}{5\,\varkappa'} \qquad \text{(Vergl. Satz 9)}$$

so erhellt, daß die Verkürzung des Radius der innern Kugel ohne Hülle, zur Verkürzung des Radius derselben Kugel mit Hülle sich verhält wie:

$$D : 9\varkappa'\,a^3.$$

Nun ist $D <$ oder $> 9\varkappa' a^3$, je nachdem $\varkappa' >$ oder $< \varkappa$, d. i. je nachdem die Substanz der innern Kugel weniger oder mehr compressibel ist als die Substanz der Hülle; mithin wird die Verkürzung des Radius der innern Kugel größer sein ohne die Hülle als mit der Hülle, wenn die Substanz der innern Kugel compressibler ist als die der kugelförmigen Hülle, kleiner im Gegenfalle. (Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 380. Pogg. XIV. 177.)

11) Es sei eine dünne kreisförmige Platte vom Radius l, der constanten Dicke $2\,\varepsilon$ und dem Gewicht P in ursprünglich horizontaler Lage gegeben, deren Rand entweder vertical angestemmt (so daß die Punkte des Randes sich nicht auf noch abwärts bewegen können), oder unveränderlich befestigt ist. Auf die obere Fläche dieser Platte lasse man nun einen allenthalben gleichförmigen und überall senkrechten Druck, dessen Totalgröße ϖ ist, wirken; dann wird die Platte eine Concavität nach unten annehmen. Die Tiefe dieser Concavität, d. h. der verticale Abstand f zwischen der

iefsten Punkte der Platte und der ursprünglichen Ebene der Platte wird urch folgende Gleichungen bestimmt:

Wir wollen f für den Fall beibehalten, wo die Platte am Rande blos ertical angestemmt ist, und denselben Buchstaben, mit einem Strichelchen ersehen, für den andern Fall, wenn sie am Rande unveränderlich befestigt st. Man findet dann:

$$f = \frac{21\ hl^2}{\varepsilon^3}(P + \varpi)\ ;\ f' = \frac{5\ hl^2}{\varepsilon^3}(P + \varpi) \qquad (9)$$

$$\text{wo } h = \frac{9}{5120\ \pi \varkappa}\ ;\ \pi = 3{,}14159.$$

Mém. p. 551.)

12) Im Fall dieselben Umstände als unter 11) Statt finden; das Gewicht ϖ aber, anstatt gleichförmig über die ganze Oberfläche der Platte vertheilt zu sein, blos in dem Mittelpunkte derselben wirkt, hat man

$$f = \frac{21\ hl^2}{\varepsilon^3}\left(P + \frac{52\ \varpi}{21}\right),\ f' = \frac{5\ hl^2}{\varepsilon^3}(P + 4\varpi) \qquad (10)$$

Vergleicht man diese Werthe mit den unter 11) gegebenen, so sieht man, daß dasselbe Gewicht ϖ eine größere Concavität erzeugt, wenn es im Mittelpunkte der Platte angebracht ist, als wenn es gleichförmig über die ganze Oberfläche derselben vertheilt ist; und zwar verhält sich f im ersten Falle zu f im zweiten Falle

$$= 21\ (p + \varpi) : 21\ p + 52\ \varpi$$

Ferner sieht man, daß sowohl in 11) als 12) die Werthe von $f' < f$ sind. (Mém. p. 553.)

13) Wenn eine kreisförmige Platte derselben Art und in gleicher ursprünglicher Lage als unter 11) und 12) in ihrem Mittelpunkte, im Niveau des Umkreises, unterstützt wird, so daß der Mittelpunkt sich nicht unter das Niveau des Randes senken kann, und die Platte ihrem eigenen Gewicht ohne anderweite Druckkräfte überlassen bleibt, so vertheilt sich der Druck, den das Gewicht der Platte ausübt, zwischen Mitte und Rand im Verhältniß von 21 : 31, wenn die Platte am Rande blos vertical angestemmt ist, im Verhältniß von 1 : 3 aber, wenn sie am Rande unveränderlich befestigt ist. (Mém. p. 554.)

Allgemeine Sätze über die Ausdehnung und Zusammenziehung fester Körper, von A. Cauchy *).

Für den ersten Anblick möchte es zwar scheinen, daß, wenn ein Körper sich ausdehnt oder zusammenzieht, dabei beliebige Beziehungen für die Lagenveränderungen der kleinsten Theilchen Statt finden können. Eine mathematische Betrachtung des Problems lehrt indeß, daß dem nicht so sei;

*) Das Obige enthält die in Worten ausgedrückten Resultate zweier physikalisch-mathematischer Abhandlungen Cauchy's in seinen Exercices de Mathematiques II. 60—69. und III. 237—244. Diese Resultate gelten für jede beliebige Art von Contraction und Dilatation, sei sie nun durch Druck, Zug, Kälte, Wärme oder dergl. hervorgebracht.

Ist die Dicke $a - a'$ sehr klein und bezeichnet man sie mit α, so wie mit β den mittlern Radius $\frac{1}{2}(a + a')$, so hat man sehr nahe für den mittleren Radius $\frac{1}{2}(A + A')$ und für die Dicke $A - A'$ nach der Zusammendrückung:

$$\tfrac{1}{2}(A + A') = \beta - \frac{8(h - h')\beta^2}{20\,\varkappa\alpha} - \frac{(h + h')\beta}{10\,\varkappa} \qquad (6)$$

$$A - A' = \alpha + \frac{(h - h')\beta}{10\,\varkappa} \qquad (7)$$

(Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 330. Pogg. XIV. 177.)

10) Wenn eine Kugel Flüssigkeit oder fester Substanz, deren Radius vor dem Druck a' ist, von einer festen kugelförmigen Hülle eingeschlossen wird, deren innerer Radius vor dem Druck a', der äußere a ist, und wenn von der Oberfläche der innern Kugel aus ein eben so starker Druck h (auf die Einheit der Oberfläche bezogen) auf die innere Oberfläche der festen Hülle wirkt, als von Außen auf die äußere Oberfläche der Hülle geäußert wird, so ist der Radius A' der innern Kugel nach dem Druck

$$A' = a' - \frac{9h\,a^3\,a'}{5\,D} \qquad (8)$$

$$\text{wo } D = \varkappa'(5a^3 + 4a'^3) + 4\varkappa(a^3 - a'^3)$$

$\varkappa'$ ist hierin dasselbe für die Substanz der innern Kugel, was $\varkappa$ für die der äußern ist. Da man nun für den Fall, daß ein Druck h ohne Gegenwart der äußern Hülle auf die innere Kugel wirkte, haben würde.

$$A' = a' - \frac{h\,a'}{5\,\varkappa'} \qquad \text{(Vergl. Satz 9)}$$

so erhellt, daß die Verkürzung des Radius der innern Kugel ohne Hülle, zur Verkürzung des Radius derselben Kugel mit Hülle sich verhält wie:

$$D : 9\varkappa' a^3.$$

Nun ist $D <$ oder $> 9\varkappa' a^3$, je nachdem $\varkappa' >$ oder $< \varkappa$, d. i. je nachdem die Substanz der innern Kugel weniger oder mehr compressibel ist als die Substanz der Hülle; mithin wird die Verkürzung des Radius der innern Kugel größer sein ohne die Hülle als mit der Hülle, wenn die Substanz der innern Kugel compressibler ist als die der kugelförmigen Hülle, kleiner im Gegenfalle. (Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 330. Pogg. XIV. 177.)

11) Es sei eine dünne kreisförmige Platte vom Radius l, der constanten Dicke 2ε und dem Gewicht P in ursprünglich horizontaler Lage gegeben, deren Rand entweder vertical angestemmt (so daß die Punkte des Randes sich nicht auf noch abwärts bewegen können), oder unveränderlich befestigt ist. Auf die obere Fläche dieser Platte lasse man nun einen allenthalben gleichförmigen und überall senkrechten Druck, dessen Totalgröße ϖ ist, wirken; dann wird die Platte eine Concavität nach unten annehmen. Die Tiefe dieser Concavität, d. h. der verticale Abstand f zwischen den

$$1 : (1+\delta)^2 \left(1 - \frac{2\delta}{3}\right)$$

ten (Mém. p. 531.)

) Wenn allenthalben senkrecht auf die Oberfläche eines Körpers von ger Form, dessen Oberfläche $= \omega$ ist, eine gleichförmig vertheilte oder Zugkraft, deren Gesammtgröße N ist, wirkt, so wird die e lineare Dilatation oder Condensation δ, welche er hiebei erfährt, folgende Gleichung bestimmt:

$$\delta = \frac{N}{5\,\varkappa\,\omega}$$

ugleich wird sich sein Volumen im Verhältniß von $1 : 1 \pm 3\delta$ än- wo das obere Zeichen im Fall stattfindender Dilatation, das untere ll stattfindender Contraction gilt. (Mém. p. 402.)

Wenn auf die Oberfläche eines Körpers ein allenthalben gleichför- und allenthalben senkrechter Druck wirkt, so wird jede Durchschnitts- die man sich durch einen solchen Körper gelegt denkt, einen eben- enkrechten Druck erfahren, der dem äußern Drucke (für gleiche Flä- heit) gleich ist. (Mém. p. 402.)

Wenn auf die ganze Oberfläche eines Körpers von beliebiger Form uck ausgeübt wird, und dieser eine lineare Contraction δ hervor- so bewirkt derselbe Druck (auf die Einheit der Oberfläche bezogen), r auf die Enden eines Stabs von gleicher Substanz, dessen Seiten- gänzlich frei ist, nach der Richtung der Axe des Stabes wirkt, eine e oder 2δ gleiche Contraction nach der Richtung der Länge. (Mém. Pogg. XIV. 181.)

Es sei eine hohle, homogene Kugel, deren hohle Hülle überall dick ist, Druckkräften, die von Innen und Außen darauf wirken, zt. Die Änderungen, welche der äußere und innere Radius dadurch , lassen sich dann folgendergestalt bestimmen.

r dieser Änderung sei a die Länge des äußern, a′ die des innern Ra- n der äußere, h′ der innere Druck, bezogen auf die Flächeneinheit. der äußere, A′ der innere Radius nach der Zusammendrückung. hat man:

$$A = a - \frac{(h a^3 - h' a'^3)\, a}{5\varkappa\,(a^3 - a'^3)} - \frac{(h - h')\, a\, a'^3}{4\varkappa\,(a^3 - a'^3)} \qquad (3)$$

$$A' = a' - \frac{(h a^3 - h' a'^3)\, a'}{5\varkappa\,(a^3 - a'^3)} - \frac{(h - h')\, a^3\, a'}{4\varkappa\,(a^3 - a'^3)} \qquad (4)$$

n Falle $h = h'$ ist, reduciren sich diese Werthe von A und A′ auf:

$$A = a - \frac{h a}{5\varkappa}\ ;\ A' = a' - \frac{h a'}{5\varkappa} \qquad (5)$$

r von A bleibt noch der nämliche, wenn man $a' = 0$ setzt, wel- gt, daß eine hohle Kugel, welche von Außen und Innen gleich drückt wird, dieselbe Verkürzung $\frac{h a}{5\varkappa}$ des Radius erleidet, als e Kugel ganz massiv wäre.

freien Oberfläche begegnet, in eine der drei Hauptrichtungen falle, welche um diesen Punkt (als Mittelpunkt eines Volumenelements betrachtet), Statt haben.

4) Man betrachte im ersten Zustande des Körpers zwei Theilchen, deren eins in, das andre nahe an der freien Oberfläche des Körpers liegt, und deren Verbindungslinie senkrecht auf die freie Oberfläche des Körpers ist. Ihre Verbindungslinie wird auch noch im zweiten Zustande die Oberfläche rechtwinklich schneiden, wofern der Körper während des Übergangs aus dem ersten in den zweiten Zustand einen senkrechten oder keinen Druck erfährt, und wofern seine Elasticität nach allen Richtungen gleich ist.

5) Wenn eine sehr dünne und ursprünglich zwischen zwei parallelen Ebenen begriffene, nach allen Richtungen gleich elastische, Platte auf die ein senkrechter oder kein Druck wirkt, Verdichtungen oder Ausdehnungen erfährt, so daß sich ihre Gestalt nur sehr wenig dabei ändert (wie, wenn man eine Platte in Schallschwingung versetzt), so werden sich zwei, im ersten Zustande auf einem, beiden Ebenen gemeinschaftlichen, Perpendikel befindliche, Theilchen nach der Gestaltveränderung der Platte auf einer Geraden befinden, welche merklich senkrecht auf beiden krummen Oberflächen ist, in welche sich die ebenen Oberflächen verwandelt haben.

6) Der vorige Satz gilt auch, wenn die beiden freien Oberflächen ursprünglich krumm sind, und die elastische Platte eine constante sehr kleine Dicke hat, insofern die Theilchen, welche im ersten Zustande auf einer Geraden lagen, die auf beiden Oberflächen merklich senkrecht war, auch im zweiten Zustande noch auf einer solchen Geraden liegen werden.

7) Wenn ein Körper zu verschiedenen Zeitpunkten Ausdehnungen oder Zusammenziehungen erfährt, die sehr klein sind (wie die gewöhnlichen der festen Körper durch Wärme oder Kälte), so wird die definitive Ausdehnung oder Zusammenziehung, welche ein Volumenelement des Körpers erleidet, die Summe der Ausdehnungen oder Zusammenziehungen sein, welche dasselbe Volumen successiv erfährt.

8) Wenn die Zusammenziehung oder Ausdehnung eines festen Körpers nur sehr klein ist, und man von einem gegebenen Punkte m dieses festen Körpers aus nach allen Richtungen radios vectores zieht, deren jeder eine Länge hat, welche äquivalent ist der Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel der nach der Richtung des Radius vector von m aus erfolgenden Linear-Zusammenziehung oder Ausdehnung *), so wird durch die Enden

*) Zur genauern Bestimmung Folgendes: Wenn der ursprüngliche Abstand des Theilchens m von einem ihm sehr nahen Theilchen m' gleich r, und nach erfolgter Ausdehnung oder Zusammenziehung gleich r (1 + ε) ist, so ist ε das, was man die Linear-Ausdehnung oder Zusammenziehung (je nachdem ε positiv oder negativ ist) nach der Richtung des letztern Radius nennt. Die Radii vectores, die man vom Theilchen m ziehen wird, werden also = $\sqrt{\frac{1}{\varepsilon}}$ genommen, wo ε die, der Richtung zukommenden, Werthe erhält.

dieser Radii vectores ein zweites Ellipsoid bestimmt werden, dessen drei Axen in dieselbe Richtung fallen als die Axen des unter 1) bestimmten Ellipsoids, welches m zum Mittelpunkte hätte.

Jedoch nur dann wird man auf diese Weise ein Ellipsoid erhalten, wenn entweder nach allen Richtungen Ausdehnung oder nach allen Richtungen Zusammenziehung um den Punkt m erfolgt. Wenn dagegen nach gewissen Richtungen um diesen Punkt Ausdehnung, nach andern Richtungen Zusammenziehung erfolgt, so wird man statt des Ellipsoids zwei conjugirte Hyperboloide*), ein einschaliges und ein zweischaliges erhalten, deren ersteres der Ort für das Ende aller der Radien ist, nach deren Richtung Ausdehnung erfolgt, das andre der Ort für das Ende aller der, nach deren Richtung Zusammenziehung erfolgt, und die Richtung der gemeinschaftlichen (kegelförmigen) Berührungsfläche, die beide Hyperboloide im Unendlichen haben, wird die sein, nach der weder Ausdehnung noch Zusammenziehung Statt findet **).

Erfolgt nach allen Richtungen eine gleich große Ausdehnung oder gleich große Zusammenziehung, so erhält man statt der vorigen Flächen eine Kugel; ist die Ausdehnung oder Zusammenziehung nach einer Richtung null, einen Cylinder; und ist sie nach zwei auf einander senkrechten Richtungen null, zwei parallele Ebenen.

Anmerkung. Es ist wohl in Obacht zu nehmen, daß diese unter 3) angegebenen Formen nicht die wirkliche Gestaltveränderung eines Volumenelements bezeichnen (für welche vielmehr 1) gilt), sondern daß sie blos eine geometrische Construction der Verhältnisse sind, die zwischen den Linear-Contractionen oder Dilatationen, wenn sie sehr klein sind, nach verschiedenen Richtungen um denselben Punkt Statt finden.

*) D. i. die gleiche Axen und gleichen Mittelpunkt haben.

**) Die Gleichung des in Rede stehenden Ellipsoids vom Orte des Theilchens m aus ist:

$$\mathfrak{A}x'^2 + \mathfrak{B}y'^2 + \mathfrak{C}z'^2 + 2\mathfrak{D}y'z' + 2\mathfrak{E}z'x' + 2\mathfrak{F}x'y' = \pm 1$$

wo das obere Zeichen gilt, wenn um den Punkt m blos lineare Dilatationen, das untere, wenn um den Punkt m blos lineare Contractionen Statt finden.

Dieselbe Gleichung gilt für beide Hyperboloide, im Fall nach gewissen Richtungen Dilatation, nach andern Contraction um das Theilchen m Statt findet, und zwar wird das eine Hyperboloid durch die Gleichung mit dem obern, das andre durch die mit dem untern Vorzeichen bestimmt. Die Buchstaben $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{F}$ sind folgendergestalt bestimmt (wo x, y, z, ξ, η, ζ dieselbe Bedeutung als in der Anm. Seite 58. haben).

$$\mathfrak{A} = \frac{d\xi}{dx}, \quad \mathfrak{B} = \frac{d\eta}{dy}, \quad \mathfrak{C} = \frac{d\zeta}{dz}, \quad 2\mathfrak{D} = \frac{d\eta}{dz} + \frac{d\zeta}{dy},$$

$$2\mathfrak{E} = \frac{d\zeta}{dx} + \frac{d\xi}{dz}, \quad 2\mathfrak{F} = \frac{d\xi}{dy} + \frac{d\eta}{dx}$$

[illegible]

[illegible] zu bestimmen, und [illegible] Gaien dann aus dem Grade des [illegible] auf die Größe der zu [illegible] Druckkräfte zu schließen. [illegible]***) macht, der, unabhän[illegible] [illegible], das Verfahren (in [illegible] statt [illegible]) einer [illegible] unterworfen, [illegible] nicht anwendbar [illegible] wegen der Schwierigkeit, [illegible] von immer glei[illegible] Beschaffenheit zu bekommen (da die Art des [illegible] so viel auf seine Druckkraft äußert, vergl. S. 27), andrerseits, weil [illegible] des Druckes einen zu großen Einfluß auf das Resultat äußert. [illegible] jedesmal das Maximum der [illegible] abwarten, [illegible] würde, wie aus S. 28 erhellt, sehr lange Zeit fodern.

Über den Druck von Drähten, welche in gespannte[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

Die [illegible] ist, daß [illegible] [illegible] durch ein Gewicht [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] Druckes [illegible] Drahtes [illegible] die Röhre [illegible]. Denn diesen Druck kann [illegible] leicht in Scheiben oder Ringe [illegible], oder, wenn [illegible] cylindrischer Stab (mit einem engen Kanal) angewendet wird, [illegible] dem Verlauf der Windungen gerissen werden, oder bei mehrfacher [illegible] ebenfalls zerbrechen.

Der Druck auf die [illegible] [illegible] ziemlich, [illegible] nach dem geraden Verhältniß der Anzahl Lagen von Drahtwindung[illegible] darauf gemacht werden, [illegible] in einem [illegible] Verhältniß [illegible] die [illegible] Windungen [illegible] Druck auf die [illegible] [illegible] eine Zusammenziehung des ganzen [illegible] [illegible] Drahtwindungen, und somit eine Verkleinerung des [illegible] werden. Es nimmt hierdurch die Länge jeder einzelnen [illegible] um etwas ab. Da nun die Spannung der Drähte [illegible] [illegible], als sie durch irgend eine Kraft verlängert oder verkürzt [illegible] oder [illegible], so erhellt, daß durch diesen Druck der äußern [illegible]

*) Philos. Mag. [illegible] p. [illegible]

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. [illegible]

***) Pogg. XX. [illegible]

ßeren Windungen eine geringe Abspannung der innern Drahtwindungen und eine entsprechende Verminderung des Drucks auf den Glascylinder erfolgen muß, wie dies näher aus einer im Original beigefügten Berechnung erhellt.

Die Verfasser wendeten bei ihren Versuchen u. a. eine Glasröhre von 14,2 pariser Linien Umfang, 0,513 par. Lin. Glasesdicke und einen Eisendraht von 0,1456 par. Lin. Durchmesser, von welchem 1 par. Fuß Länge 0,215 Grammen wog, an, welcher letztern durch ein Gewicht von 4150 Grammen gespannt war. Aus der Berechnung*) ergiebt sich, daß hier bei einmaliger Umwindung jede, von einer einfachen Schraubenwindung bedeckte, Stelle der Glasröhre (= 3,521 Qu. Lin.) einen Druck = 140 Atmosphären, bei zweimaliger Umwindung = 274 Atmosphären, bei dreimaliger = 402½ Atmosphären, bei viermaliger = 526 Atmosphären auszuhalten hatte. In der That wurde, als man auf drei Lagen von Windungen die vierte hinzufügte, der Druck so groß, daß sich die Glasröhre an allen Stellen, wo er Statt fand, in dünne Schalen oder Ringe, welche gleichfalls Fragmente von Schraubenwindungen, und gerade so breit waren, als der Draht dick war, spaltete. Mehrere hatten sich so groß erhalten, daß die Stücke eine ganze Schraubenwindung bildeten. Einige Stücke stellten auch dicke Ringe dar, bei denen es zuweilen gelang, die Spaltung in kleine schraubenförmige Stücke durch eine kleine Nachhülfe zu vollenden. Mehrere andere aber waren durch den, bei dem eintretenden Zerbrechen erschlaffenden und sich verschiebenden Draht, in viele Stücke zerbrochen.

Einen andern Versuch stellten die Verfasser mit 2 Stücken eines dicken cylindrischen Glasstabes, der in seiner Mitte einen nur sehr kleinen röhrenförmigen Canal hatte, an. Das erste Stück hatte einen Umfang von 16¾ par. Lin. und der Durchmesser des kleinen Canals in seiner Mitte war 0,76 Lin. Es wurde auf demselben der schon oben erwähnte Eisendraht, bei 4250 Grammen Spannung, 10mal über einander aufgewickelt, und die Festigkeit des Stabes widerstand der Größe des Drucks, der auf solche Weise hervorgebracht ward. Als der Draht wieder abgewickelt worden war, zeigte sich der Cylinder noch ganz, aber seine Oberfläche fein gerieft, als wäre sie mit einer feinen Diamantspitze geritzt, so fein, wie man die Glasmikrometer zu machen pflegt **). — Hier hatte die Kraft blos hingereicht, die Oberfläche des Glasstabes, nicht aber diesen in seiner ganzen Dicke zu sprengen. Als aber die Verfasser ein andres Stück Glasstab von 12,9 Lin. Umfang und mit einem röhrenförmigen Canal von 0,5 Lin. in der Mitte mit 6 Lagen desselben Drahts bei 6250 Grammen Spannung umwickelt und einige Windungen der siebenten Lage gebildet hatten, sprang die Röhre an der Stelle, wo sich der letzte Reif befand, quer durch, die

*) S. die Berechnung für eine einmalige Umwindung im Zusatz.

**) Diese Riefen waren nicht kleine vom Draht abgerissene und auf dem Glasstabe festgedrückte Eisentheilchen, denn sie blieben unverändert, als der Glasstab in Salzsäure getaucht wurde.

Messing starker Art, und zeigte an einigen Stellen den Eindruck der Windung [illegible]. Messung starker Dr[illegible] welche der Draht von der übrigen Glasmasse die Bleikugeln durch[illegible] gearbeitet. Kleine gläserne Kreisscheiben fielen auf den Boden [illegible] zu [illegible] [illegible]spaltens, die wahrscheinlich schon, ehe sie fielen, in aus dem Glase [illegible] waren und beim Auffallen in noch kleinere Druckkräfte zu[illegible] wurde.

[illegible] Verfasser ziehen aus ihren Versuchen, mit Hülfe einer Berechnung [illegible], auf deren wir auf die Originalabhandlung verweisen, noch [illegible] [illegible] Folgerungen.

[illegible] man eine Glasröhre dem Druck dünner, neben einander [illegible] [illegible] Drähte aussetzt, so erfährt sie nicht blos eine Verkleinerung [illegible] Durchmessers im Ganzen, sondern es entstehen, [illegible] nach der Lage der Drahtringe neben einanderliegende Eindrücke [illegible] ganzen Länge.

Das Glas spaltet, wenn in seiner Oberfläche zwei Eindrücke von [illegible] Lin. Tiefe in 0,1455 Lin. Entfernung*) von einander gemacht werden.

[illegible] zur Hervorbringung einer Reihe neben einander liegender furchenförmiger [illegible] von 0,001455 Lin. Tiefe, $\frac{0.1455}{2}$ Lin. Halbmesser**) und 1 Zoll [illegible] muss der Druck des Drahtes für jede Furche zwischen 57170 und [illegible] Grammen betragen.

Die gesammte Verkleinerung des Halbmessers der Glasröhren bei [illegible] angeführten Versuche durch [illegible] Umwickelung verhält sich zur [illegible] des Eindrucks [illegible] einzelnen Ringes wie 7 : 1, oder, mit andern [illegible], die von den Ringen hervorgebrachten [illegible] Eindrücke [illegible] ungefähr 7 Mal [illegible] als die Zusammendrückung der Röhre.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

wegen Ähnlichkeit der Dreiecke ABC und AEB:

$$2 : y = y : AE_x$$

folglich der Druck auf den Winkelpunkt A

$$= py,$$

folglich auf alle Winkelpunkte des Polygons zusammen

$$= p\Pi.$$

Substituirt man einen Kreis dem Polygone, so tritt 2π an die Stelle von Π, folglich ist der Druck auf die ganze Peripherie:

$$= 2\pi \,.\, p.$$

Bei mehrfachen Umwindungen der Glasröhre muß in Betracht gezogen werden, daß eigentlich nur die oberste Reihe von Drahtringen den vollen Druck ausübt, indem, wie schon S. 62 erörtert, die darunter befindlichen Reihen von Ringen selbst eine Verkleinerung ihres Umfangs und eine damit verbundene Abspannung erleiden. Im Original sind hierüber Berechnungen beigefügt, hinsichtlich deren wir auf dasselbe verweisen.

Druck des Sandes und anderer körnerartigen Substanzen, von Huber Burnand *). Das übereinstimmende Ergebniß der nachfolgenden Versuche ist, daß bei körnerartigen Substanzen der Druck sich nicht eben so wie in Flüssigkeiten nach allen Richtungen, ja im Grunde so gut als gar nicht durch dieselben fortpflanzt.

1) Ein Ei wurde auf den Boden eines Kastens gelegt, einige Zoll hoch mit Sand bedeckt und dieser mit einem Gewichte von 25 Kilogrammen belastet. Das Ei blieb unversehrt unter diesem enormen Gewichte. Auch als der Versuch so wiederholt wurde, daß der Sand durch eine, auf dem Boden des Kastens angebrachte, Öffnung zugleich ausfloß, blieb das Resultat dasselbe, mochte sich das Ei in der Mitte der Masse Sandes oder auf seinem Boden aufliegend befinden.

2) Der Verfasser nahm eine, an beiden Enden offene, Glasröhre, insertirte eines ihrer Enden vertical in eine kleine horizontale hölzerne Röhre, welche ihrerseits genau mit einem ihrer Enden in eine verticale cylindrische Hülse (boîte) von 1 Centimeter Durchmesser und 21 Centimeter Höhe eintrat.

Diese Hülse wurde mit Quecksilber, gleich dem Gefäße eines Barometers, gefüllt. Das Metall setzte sich natürlicherweise in der verticalen Glasröhre ins Niveau; seine Höhe in dieser Röhre wurde genau angemerkt, darauf an die cylindrische Hülse eine große Röhre aus Weißblech von 65 Centimeter Länge und 3½ Centimeter Durchmesser gefügt. Diese große Röhre wurde mit Sand gefüllt, der sehr sacht eingegossen ward.

Solchergestalt hatte man ein wahres Barometer, den Druck des Sandes zu messen. Allein, was sehr merkwürdig erschien, der Sand hatte nichts zu dem Gewichte des Quecksilbers hinzugefügt; die metallische Flüssigkeit blieb bei ihrem Niveau, bis auf 2 Millimeter, welche Differenz von

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 166.

Bruchfläche war ziemlich glatt, und zeigt
von kleinen Blättchen, welche der Draht
gespalten hatte. Einige feine gläserne K
im Augenblicke des Zerspaltens, die wahr
mehrere Stücke gebrochen waren und b
Stücke gespalten wurde.

Die Verfasser ziehen aus ihren Ver
nung, hinsichtlich deren wir auf die Ori
folgende indirecte Folgerungen.

Wenn man eine Glasröhre dem Dr
gender gespannter Drähte aussetzt, so erf
nerung ihres Durchmessers im Ganzen,
zerbricht, nach der Lage der Drahtringe
in ihrer ganzen Länge.

Das Glas spaltet, wenn in seiner
0,001455 Lin. Tiefe in 0,1455 Lin. Entfernu

Zur Hervorbringung einer Reihe neben
Eindrücke von 0,001455 Lin. Tiefe, 0 1 / -
Länge muß der Druck des Drahts
[illegible] Grammen betragen.

Die gesammte Verkleinerung [illegible]
erst angeführten Versuche durch
Tiefe des Eindrucks jedes einzelnen
Drahtes, die von den Ringen [illegible]
waren umgeben [illegible] Mal so klein [illegible]

Zusatz. Der Druck eines [illegible]
Drahtringes auf die Oberfläche [illegible]

[illegible]

einigen momentanen Oscillationen abhing, welche die Maschine während der Operation erfuhr; denn nach einer Ortsveränderung des Apparats nahm das Quecksilber sein Niveau wieder völlig wie vor dem Versuche ein, und behielt es so lange, als die Umstände dieselben blieben.

Der Sand wurde jetzt weggenommen, und an seiner Stelle die ganze Röhre mit trockenen Erbsen gefüllt, deren Gewicht $1\frac{1}{2}$ Kilogrammen betrug. Hiezu wurde noch ein Gewicht von 1 Kilogrammen und endlich ein so starker Druck der Hand, daß der Verfasser ein Zerbrechen der Maschine besorgte, gefügt. Dessen ungeachtet behielt das Quecksilber sein Niveau in der Glasröhre und stieg nicht um 1 Millimeter.

Gießt man Wasser in die Röhre, welche die Erbsen enthielt, so sieht man das Quecksilber in der Glasröhre um $\frac{1}{14}$ seiner Totalhöhe steigen, welches der specifischen Schwere beider Flüssigkeiten entspricht. Das Wasser wirkt also allein blos auf nach seiner gewöhnlichen Art; die Erbsen tragen nichts zu dem Drucke bei.

8) Man verschließe das untere Ende einer an beiden Enden offenen Röhre von etwa 1 Zoll Durchmesser und beliebiger Länge mit einem feinen Blatt Papier, indem man dies blos mit befeuchteten heraufgeschlagenen Rändern daran applicirt. Man stelle dies Ende auf den Fußboden und fülle die Röhre mit Sand. Hebt man sie jetzt sacht in die Höhe, so wird man die Röhre forttragen können, ohne daß der Sand ausfließt, ungeachtet das Papier nur ganz schwach anhaftet.

9) Der Verfasser versuchte vergebens, aus einer großen horizontalliegenden Röhre, welche mit Sand gefüllt war, den Sand mittelst eines hölzernen Stempels von mehreren Fuß Länge und etwas kleinerm Durchmesser als die Röhre, herauszutreiben; eher wären die Wände der Röhre gesprungen, als daß der Sand um einen Zoll gewichen wäre. Auch als die Röhre um 20° gegen den Horizont geneigt war, so daß ein Theil der Schwerkraft der Wirkung des Drucks zu Hülfe kam, ließ sich der Sand auf keine Weise hindurchtreiben.

Es finden sich noch mehrere Versuche angeführt, welche den Umstand, daß sich der Druck der obern Schicht von Sand oder Erbsen nicht zu den untern fortpflanzt, beweisen; ich übergehe diese, da sie etwas complicirter sind, ohne mehr zu beweisen als die, in diesem Bezuge schon hinreichenden, vorigen.

Spannung und Dehnung von Saiten. Weber *) fand durch Versuche mit einer feinen Eisensaite, daß, wenn dieselbe eine Zeit lang dem Maximo der Spannung unterworfen gewesen war, welches sie, ohne zu reißen, vertrug, sie sich dann nach dem geraden Verhältniß des vermehrten oder verminderten spannenden Gewichts verlängerte oder verkürzte; war sie dagegen nicht dieser größten Spannung unterworfen gewesen, so zog sie sich, wenn sie bei zunehmender Spannung verlängert worden war,

*) Pogg. XVII. 228.

bei abnehmender Spannung nicht wieder bis zu demselben Punkte zusammen und es waren um so kleinere Gewichtszusätze nöthig, sie fortgehends um gleiche Größen zu verlängern, je weiter ihre Verlängerung schon gediehen war. — In der Originalabhandlung ist eine Versuchstabelle zum Belege beigefügt.

Verfahren, Drähte durch eine bestimmte Kraft plötzlich zu verlängern und zu verkürzen, oder zu spannen und abzuspannen, von Weber *). Es kann für manche physikalische Versuche (z. B. über die spec. Wärme der Metalle) von Wichtigkeit werden, Drähte durch eine gegebene Kraft plötzlich verlängern oder verkürzen zu können. Nun bietet schon das Anhängen von Gewichten an das untere Ende eines verticalen Drahts hiezu ein Mittel dar; allein, weil ein solcher Draht, wenn man das Gewicht nun sich selbst überläßt, nicht sogleich in Ruhe kommt, sondern in eine Schwankung auf- und abwärts geräth, wodurch der Draht bald zu lang bald zu kurz wird, so wird man hiedurch verhindert, das untere Ende des Drahts genau in demjenigen verlängerten Zustande zu fixiren, welcher der Kraft des Gewichts entspricht. Um diesen Übelstand zu beseitigen, wendet daher Weber zur Spannung des Drahts die Communication mit einem schon gespannten Drahte auf folgende Weise an.

Er läßt die zwei Hälften a b, b c (Fig. 7) eines und desselben Drahtes durch eine Kugel **), die mittelst einer Klemme b festgedrückt oder frei schwebend gelassen werden kann, mit einander communiciren. In a ist der Draht unveränderlich befestigt, in c dagegen geht er durch eine Klemme, die beliebig geöffnet oder zusammengepreßt werden kann.

Gesetzt nun, es werden zuerst beide Klemmen b und c geöffnet und der ganze Draht durch ein gewisses (über eine Rolle d gehendes) Gewicht, das wir P nennen wollen, gespannt, darauf die Klemme b geschlossen, so daß die Kugel festgedrückt und mithin das Drahtstück a b mit der, dem Gewicht P zugehörigen, Kraft gespannt bleibt. Man füge jetzt zum Gewichte P ein zweites Gewicht Q; die Drahthälfte b c wird jetzt durch das Gewicht P + Q gespannt sein; die Hälfte a b aber blos mit der, dem Gewicht P entsprechenden, Kraft gespannt bleiben, weil sie durch das Festdrücken der Kugel gleichsam abgesperrt von der andern Hälfte ist. Man schließe nun die Klemme bei c, so wird auch die Drahthälfte b c in der Spannung und Verlängerung, die sie vermöge des Gewichts P + Q erhielt, verharren. Öffnet man aber jetzt die Klemme bei b (während die bei c geschlossen ist), so daß die Kugel frei wird, so wird die Communication zwischen a b und b c hergestellt sein, und es werden beide ihre

*) Pogg. XX. 181.

**) Diese Kugel besteht aus zwei Halbkugeln, die mittelst einer besondern Schraubenvorrichtung auf einander gepreßt werden. Der Draht geht durch die Kugel hindurch, indem er in zwei auf einander passenden Furchen der obern und untern Halbkugel, in welche er mit Schmirgel eingeschliffen ist, liegt.

einigen momentanen Oscillationen abhin[illegible] b c bei
der Operation erfuhr; denn nach ein[illegible] Draht
nahm das Quecksilber sein Niveau wie[illegible]
und behielt es so lange, als die Umst[illegible]

Der Sand wurde jetzt weggen[illegible]
Röhre mit trockenen Erbsen gefü[illegible]
Hiezu wurde noch ein Gewicht [illegible]
starker Druck der Hand, daß d[illegible]
besorgte, gefügt. Dessen unge[illegible] daß [illegible] in die
der Glasröhre und stieg nicht [illegible] nach Schließung der

Gießt man Wasser in di[illegible] werden, wenn
man das Quecksilber in d[illegible], sondern erst dann
welches der specifischen [illegible] durch Verlängerung
Wasser wirkt also allein [illegible] sind, sich wieder mit der
ten tragen nichts zu [illegible], wozu bei den Versuchen bei

3) Man verschließ[illegible]. Denn schließt man kurz nachdem die
Röhre von etwa 1 [illegible] daß b c in seinem durch
Blatt Papier, indem [illegible] durch die Verlängerung erfüllt
Wandern daran a[illegible] bei der Firirung Statt findet
die Röhre mit [illegible] als sie sich wieder mit dem
die Röhre fert[illegible] setzen, und zwar nach entge
das Papier nur [illegible] die Drahtkräfte a b nach einiger Zeit in

4) Der [illegible] Drahtkräfte b c um eben so viel zugenom
genden Röhre [illegible]
[illegible] Zunahme bestimmen, so schreitet
[illegible] man den Draht a b oder b c für
[illegible] Schwingung versetzt und nach der
[illegible] der Schwingungen die Span
[illegible] daß er den Ton, welchen diese

[illegible] beider Drahtkräften unmittelbar
[illegible] Temperatur, weil sie
[illegible] legen, was nur mit
[illegible] kann.

[illegible] der Krümme b eine kleine
[illegible] Communication zu
[illegible] durch
[illegible] Drahte [illegible] und her
[illegible] erst wenn
[illegible] wo sich in
[illegible] würde man für die nach
[illegible] als wenn man
[illegible] der nämlichen Stelle
[illegible] XX [illegible] scheint es,
[illegible] Zeitraum von 6 Se
[illegible] Zeitraum von der ersten
[illegible]

…n a b und b c hervorbringen, mit dem Tone
…o gewählt ist, daß beide fast harmoniren
…ren oder Pulsationen hervorbringen.
… Pulsationen, welche durch die
… Stimmgabel und des schwingen-
… ein Mittel, die Spannung des
…, wie in der Lehre vom Schall noch

… Spannung der Drahthälften a b oder b c
… man eine gewisse Anzahl Schwebungen, z. B.
…r, kann man leicht die anfängliche Spannung

…, indem man die Klemme b öffnet, und kann als-

… …smitteln die Messung der Spannung wiederholen.
… an a b und b c können zur wechselseitigen Controle
… zu quantitativ gleichen Resultaten, nur mit entgegengesetztem
…, führen.

… Figur, auf welche sich diese Erörterung bezieht, giebt übrigens … grobe, zur Einsicht in das Princip jedoch hinreichende, Vorstel… des von Weber angewandten Apparats, der, um genaue Versuche …ffen, eine sorgfältige Construction erfordert. Man findet ihn allen …en einzelnen Theilen nach in Pogg. Ann. XX. S. 211 ausführlich be…rieben und abgebildet.

Weber vergleicht auf sinnreiche Weise die hier angewandte Mitthei…ng der Spannung von einem stärker gespannten an einen schwächer ge…annten Körper durch augenblickliche Herstellung einer freien Communica…on zwischen beiden, mit der, durch einen Hahn oder ein Ventil bewirk…n, Herstellung der Communication eines Gefäßes voll verdichteter Luft …der Dampf mit einem Gefäße voll verdünnter Luft oder Dampf. Das …reilassen der Kugel beim Drahte vertritt nämlich hier ganz die Stelle der …ffnung des Hahns oder Ventils bei der Luft oder dem Dampfe.

Spannungsänderungen verlängerter oder verkürzter Drähte von Weber *). Durch Versuche an Drähten von Eisen, Ku…fer, Silber und Platin mittelst der so eben beschriebenen Vorrichtung hat …eber folgende Sätze ausgemittelt.

1) Wenn ein Draht plötzlich verlängert worden ist und in diesem ver…ngerten Zustande sofort oder bald nachher fixirt wird, so daß seine Länge …ine Änderung erleiden kann, so erfährt er allmählig eine Abnahme der…nigen Spannung, die er unmittelbar nach der Fixirung zeigt.

2) Wenn ein Draht plötzlich verkürzt worden ist, und in diesem ver…rzten Zustande sofort fixirt wird, so erfährt er allmählig eine Zunahme …jenigen Spannung, die er unmittelbar nach der Fixirung zeigt.

*) Pogg. XX. 178.

[illegible]

[illegible]

[illegible] ... Gewicht P gespannt ... [illegible]

Metall	P	Q	Verlust an Spannung für die Schwingungszahl in 5 Secunden.
Eisendraht	1000	4000	$7\frac{1}{8}$
Kupferdraht	1700	2000	$6\frac{1}{3}$
Silberdraht	1000	2000	$5\frac{5}{16}$
Platindraht	800	1200	$15\frac{1}{3}$

*) Die Drähte hatten verschiedene Dimensionen, waren aber sämmtlich eingerichtet, daß sie, durch das Gewicht P + Q gespannt, einen Ton gaben der dem einer f-Stimmgabel nahe war.

Die Spannungsgewinnste bei Verkürzungsversuchen unter gleichen Umständen betrugen merklich eben so viel.

Nach den Datis der Versuche ließen sich die Temperaturveränderungen berechnen (vergl. den Zusatzartikel), welche diese Schwingungsänderungen veranlaßt hatten. Diese Temperaturveränderungen hatten betragen:

für Eisen	1°,092 C.
„ Kupfer	0°,883
„ Silber	0°,960
„ Platin	2°,073.

Zu 4). Daß die besprochenen Spannungsänderungen wirklich von Temperaturveränderungen abhängen, schließt der Verfasser indirect auf folgende Weise:

Die bisher gemachten Erfahrungen haben bewiesen, daß die Spannung eines Körpers im Allgemeinen von dreierlei abhänge: a) von seiner Temperatur; b) von seinen Dimensionen in allen drei Richtungen; c) von seiner Ziehbarkeit oder Ductilität in dem Falle, daß so große äußere Kräfte auf ihn wirken, daß seine natürliche Form und Dichtigkeit eine Änderung erleidet. Nun läßt sich darthun, daß Änderungen der beiden letzten Umstände nicht im Spiele waren; mithin bleibt bloß die Änderung des ersten Umstandes als Ursache übrig.

In der That wurde der Einfluß einer Veränderung der Dimensionen durch die genaue Fixirung des Drahts beseitigt, der Einfluß der Ductilität aber dadurch, daß die angewandten Drähte zuvor so präparirt waren, daß die Wirkung der Ductilität nicht mehr in Betracht kam, wozu S. 66 das Verfahren angegeben ist. Zu diesen Beweisen kommt noch, daß nach den Versuchen des Verfassers schon 6 Secunden nach der Verlängerung oder Verkürzung eine constante Spannung eintritt, was vortrefflich damit vereinbar ist, daß eine, schnell sich ausgleichende, Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur Ursache der Spannungsänderung war; dagegen die Wirkung der Ziehbarkeit, wo eine solche vorhanden ist, immer viel länger, mehrere Tage, mehrere Stunden, selten bloß mehrere Minuten lang dauert; auch kann die Ziehbarkeit unter keinen Umständen die Spannung eines Drahts vermehren. Übrigens läßt sich aus einer nähern Betrachtung der Erscheinung, die im Original gegeben ist, folgern, daß nicht Friction durch Verschiebung der Theilchen des Drahts, sondern bloß die Volumenänderung (vermöge damit in Verbindung stehender Änderung der Wärmecapacität) Schuld an der Temperaturänderung ist.

Zusatz. Formeln, um 1) die Verlängerung oder Verkürzung r (in Theilen der ursprünglichen Drahtlänge) zu berechnen, welche erforderlich ist, die Temperatur eines Drahts um eine gewisse Anzahl Grade t zu erniedrigen oder zu erhöhen; 2) die Dilatation oder Contraction ν (in Theilen des ursprünglichen Volumens) zu berechnen, die erforderlich ist,

3) Unter sonst gleichen Umständen sind welche durch Verlängerung oder Verkürzung g gleich groß (nur nach entgegengesetzter Richtun die Verlängerung bewirkte, ganz gleich der ist wirkte.

4) Diese Abnahme und Zunahme der S raturveränderungen her, die durch den Akt de zung im Drahte veranlaßt werden, indem, sich mit der Temperatur ändert. Im Augenl lich erniedrigt sich die Temperatur des Dra Atmosphäre, allein die Spannung, welche e rung vermöge der jetzt Statt habenden Temp bend sein, weil die Temperatur allmählig der Atmosphäre steigt, und hiemit sich die S die Temperatur des Drahts durch eine f Atmosphäre erhöht, allein die dieser Te Spannung kann eben so wenig bleibend s Temperatur wieder zu der der Atmosph

Zu 1) 2) und 3). Das Thats wurde von Weber mittelst der S. [illegible] mittelt, welche den Vortheil darbot einen mit ganz derselben Kraft verl der andere verkürzt ward. Zugleich [illegible] das Mittel an die Hand, selbst sehr k der Spannung, auch wenn sie nur [illegible] [illegible] ausdrücken, bestimmen [illegible] Drähten, welche, erst durch das [illegible] Zusammenziehung des Gewichts Q um [illegible] peraturänderung nach der [illegible] Wärme *)

Metall	[illegible]
Eisendraht	[illegible]
Kupferdraht	[illegible]
Silberdraht	[illegible]
Platindraht	[illegible]

*) Die Drähte [illegible] [illegible] daß sie [illegible] [illegible] einer [illegible]

die Temperatur eines Metalls um ein
t zu erniedrigen oder zu erhöhen.

Man wende bei dem Apparat Fig. 7
gen Artikel einen Draht von dem zu untersuche
n die Anzahl der Schwingungen des Theils

Spannung der Drahthälften a b und

n — μ sei die Zahl der Schwingung
nung durch die freiwillige Temp
l die Länge des Theils a b.
g die Länge des Fallraumes im
G das Gewicht eines Stücks Dr
k′ der Ausdehnungscoefficient
Theilen der Länge des Dr
π = 3,141 . . . . .

Man hat dann zur

n =

r

über die Be
vergl. die Origin

Beispiel
folgende Data
... gleichzeitigen pr

	Gewicht.
	132 Gr.
	145
	159
	175
	198
	226
	263
	317
	395
	525
	785
	1575

	Nr. 1.	Nr. 2.
Breite	$0^m,0271$	$0^m,017213$
Dicke	$0^m,00698$	$0^m,005188$
Drehungsbogen	1°	1°
Gewicht	120 Grammen.	30,33 Grammen.

Nimmt man das Product aus den Cuben der beiden Querdimensionen und dividirt es durch die Summe der Quadrate derselben Dimensionen, so erhält man folgende Zahlen: 8642,513319; 2203,406422, die sich verhalten wie: 3,922 und 1; andererseits stehen die Zahlen 120 und 30,33, welche die Anzahl Grammen bezeichnen, die erforderlich waren, um jeden Stab um 1° zu drehen, im Verhältniß von 3,956:1 unter einander.

Der unter 3) angeführte Folgesatz wurde an einem eichenen und gläsernen Streifen bewährt.

Zu 4). Ein durch einen Hammerschlag abgeplatteter Messingdraht von $0^m,3$ Länge wurde mehreren Windungsversuchen unterworfen, und zwar nachdem er langsam oder schnell abgekühlt war. Der Windungswinkel betrug 1°. Folgende Tafel enthält die dazu nöthigen Gewichte:

Zustand des Körpers.	Gewicht.
Durch Hämmern gehärtet	357,5 Gr.
Langsam abgekühlt	370 "
Schnell "	357,5 "
Langsam "	370 "
Schnell "	355 "
Langsam "	367 "
Schnell "	355 "
Langsam "	367 "

Versuche mit andern Stäben aus demselben Metalle, so wie aus der Legirung des Tantams, führten zu ähnlichen Resultaten. Lange Stäbe sind zu Versuchen dieser Art nicht wohl geeignet, weil sie nicht der ganzen Länge nach einerlei Elasticität haben, wie besonders daraus hervorgeht, daß man für eine Hälfte eines solchen 1,302 Meter langen vierkantigen Stabes zu einer Windung von 1° ein Gewicht von 110 Gr., für die andere den Abmessungen nach ganz gleiche Hälfte hingegen nur 92 Gr. brauchte.

Formeln in Bezug auf vorstehende Versuche. Es heiße E das Moment einer Kraft, die an dem freien Ende, in einer gegen den Stab senkrechten, Ebene wirkt; l die Länge des Stabes zwischen dem befestigten und dem freien Ende, an welchem die Kraft wirkt; ρ die Dichte des Stabes, 2 h seine Dicke, 2 i seine Breite, im Fall es ein paralle-

... sein Radius, im Fall es ein cylindrischer Stab
...gswinkel, welcher durch das Moment E der am freien
... Kraft hervorgebracht wird, k den bekannten, von der Ela-
s Stabes abhängigen, constanten Coefficienten, welcher durch Ver-
das Verhältniß zwischen ziehender Kraft und linearer Verlän-
Stabes ausgemittelt werden kann (vergl. die spätern Formeln
...schwindigkeit oder S. 53); π das Verhältniß des Umkreises zum
ser. Der Stab wird als sehr dünn im Verhältniß zu seiner Länge
etzt und die Wirkung äußerer Druckkräfte darauf vernachlässigt.
icität wird für gleich nach allen Richtungen angenommen.
hat nach Poisson *) für einen cylindrischen Stab

$$\psi = \frac{2El}{\pi k s^4}$$

uchy **) für einen parallelepipedischen Stab

$$\psi = \frac{3}{16}\frac{El}{k}\frac{(i^2+h^2)}{h^3 i^3}$$

n er einen quadratischen Durchschnitt von 2 i Seite hat

$$\psi = \frac{3}{16}\frac{El}{k i^4}$$

wenn die Dicke 2 h sehr klein gegen die Breite 2 i ist

$$\psi = \frac{3}{16}\frac{El}{k h^3 i}$$

r denselben Voraussetzungen, als den vorigen, bloß mit dem Un-
; daß der parallelepipedische Stab nicht nach allen Richtungen als
tisch vorausgesetzt wird, hat Cauchy folgende Gleichung gefunden:

$$\psi = \frac{3}{16}\frac{El}{h^3 i^3}\left(\frac{i^2}{i'}+\frac{h^2}{h'}\right)$$

i' und h' Größen, welche von dem Elasticitätszustande des
uf eine, durch die Versuche selbst zu bestimmende, Weise ab-

Drehwage.

...endung von Glasfäden zu Drehwagen. Ritchie ***)
als vorzüglich geeignet für Drehwagen die Anwendung seiner
statt der gewöhnlichen Metallfäden, indem ein hinlänglich feiner
nach seinen Versuchen, auch wenn er wohl 100 mal um sich
reht worden ist, doch beim Nachlassen der drehenden Kraft ganz
seine ursprüngliche Lage zurückkehrt. Er beschreibt eine mit
chen Glasfaden construirte Multiplicatordrehwage zur Messung
er Wirkungen, deren Einrichtung wir, da sie im übrigen nicht

...ogg. XIII. S. 394. über Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 454.
...auchy Exerc. IV. p. 48. 60. 63. über Mém. de l'Acad. des sc. 1829.
Philos. transact. 1830. P. I. p. 215. Schweigg. J. LXI. 394.

Breite	0m,0
Dicke	0m,0
Drehungsbogen	1°
Gewicht	120

Nimmt man das Product aus den
und dividirt es durch die Summe der
erhält man folgende Zahlen: 8642,5133.
ten wie: 3,922 und 1; andererseits
welche die Anzahl Grammen bezeichnen,
Stab um 1° zu drehen, im Verhältniß

Der unter 3) angeführte Folgesatz
fernen Streifen bewährt.

Zu 4). Ein durch einen Hamme
von 0m,3 Länge wurde mehreren Wi
zwar nachdem er langsam oder schnell a
tel betrug 1°. Folgende Tafel enthält d

Zustand des Körpers.
Durch Hämmern gehärtet . . . . .
Langsam abgekühlt . . . .
Schnell " . . . .
Langsam " . . . .
Schnell " . . . .
Langsam " . . . .
Schnell " . . . .
Langsam " . . . .

Versuche mit andern Stäben
Legirung des Tantams, führten
sind zu Versuchen dieser Art nich
Länge nach einerlei Elasticität
daß man für eine Hälfte eines
Stabes zu einer Windung von
andere den Abmessungen nach
brauchte.

Formeln in Bezug au
das Moment einer Kraft, di
Stab senkrechten, Ebene wirk
festigten und dem freien Ende
des Stabes, 2h seine Dicke,

häsion zweier Scheiben von einem jeden dieser Metalle geringer war, als jene des Kupfers mit dem Kupfer.

Dieses Resultat ergab sich im Mittel als beständig; obgleich nicht ohne Variationen, die hauptsächlich in dem Umstande liegen, daß die Politur der Flächen nicht bei allen Metallen vollkommen gleich sein konnte. Es wird diese Politur durch die krystallinische Structur des Antimons und Wismuths gehindert, und das frisch polirte Blei ist an der Luft so leicht oxydabel, daß es kaum einige Minuten lang seinen ersten Glanz behält. Wurde Zink nach und nach mit den übrigen Metallen in Berührung gebracht, so ergab sich folgende Reihe:

Zink	mit	Kupfer	= 21	Gran
=	=	Silber	= 21	=
=	=	Zinn	= 17	=
=	=	Wismuth	= 16	=
=	=	Antimon	= 15	=
=	=	Blei	= 12	=
=	=	Zink	= 10	=

Es ist sehr bemerkenswerth, daß diese Reihe mit der galvanischen Spannungsreihe nahe übereinstimmt. Das Zinn geht jedoch dem Antimon, Wismuth und Blei voraus, weil es, frisch polirt, eine viel reinere Fläche hat, als die zuletzt genannten Metalle.

Prechtl will übrigens mit völliger Bestimmtheit gefunden haben, daß die Anziehung der Platten eines und desselben Metalls nicht bloß in der Berührung, sondern auch in der Entfernung Statt habe; ja sie soll schon innerhalb des Abstandes einer halben Linie deutlich bemerkbar gewesen sein, so daß sie durch kleine Gewichte gemessen werden konnte. Die äquilibrirte schwebende Platte wurde von der andern parallelen Platte in einer geringen Entfernung angezogen, bis sich beide Flächen einander berührten, was mit sichtbarer Beschleunigung und einer Art von Stoß geschah. — Diese Erfahrung muß unstreitig erst durch Wiederholung anderer bestätigt werden.

Über ein Adhäsionsphänomen von Camelli *). Das Phänomen besteht darin, daß, wenn man ein, mit einem Tropfen Wasser unten genetztes Uhrglas auf eine Glasplatte legt und diese so neigt, daß das Uhrglas herabgleitet, es dabei eine Rotationsbewegung annimmt. Die Erklärung, welche Camelli von dem Phänomen giebt, ist zu unbestimmt und dunkel, um hier angeführt zu werden.

*) Bullet. univ. des sc. math. XII. 247. aus dem Giorn. accad. delle sc. 1828. T. XXXVII. p. 1.

VII. Bewegung fester Körper *).

Über Fortpflanzung der Bewegung in elastischen festen Körpern, von Poisson **). Aus den Integralen, welche Poisson in den Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 623. von den Differenzialgleichungen gegeben hat, welche die Gesetze der Schwingungen fester homogener nach allen Richtungen gleich elastischer Medien ausdrücken, läßt sich folgern, daß, wenn einem begränzten Antheile eines solchen Medium eine Bewegung eingepflanzt wird, im Allgemeinen zwei fortschreitende Wellen entstehen, die sich mit gleichförmiger, aber unter einander verschiedener, Geschwindigkeit fortpflanzen, und zwar so, daß die eine Geschwindigkeit zur andern sich wie $\sqrt{3}$: 1 verhält. So z. B., wenn irgend eine Erschütterung im Innern der Erde ***) Statt fände, so würden wir an ihrer Oberfläche zwei Stöße empfinden, welche durch ein Zeitintervall von einander gesondert wären, das von der Tiefe, in der die Erschütterung Statt gefunden, und der, in dieser ganzen Tiefe als homogen betrachteten, Materie der Erde abhinge.

In einer neuen Arbeit hat nun Poisson die Gesetze dieser Erscheinung, die sich nach der Form, unter der er die Integralen des Problems früher dargestellt hatte, schwer erörtern ließen, weiter verfolgt. Nachstehendes sind die Folgerungen, die sich aus dieser neuen Erörterung ergeben haben.

1) Die beiden Wellen, die sich in einem homogenen festen nach allen Richtungen gleich elastischen Körper fortpflanzen, sind sphärisch und von derselben Dicke.

2) Die Intensität der Bewegung, gemessen durch die, in dieser ganzen Dicke genommenen, Summe der lebendigen Kräfte ****), ändert sich im Fortschreiten jeder dieser Wellen nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats ihres Radius, und von einem Punkte derselben Welle zum andern nach einem, von der ursprünglichen Erschütterungsart abhängigen, Gesetze.

3) Welche ursprüngliche Richtungen auch die Geschwindigkeiten der Theilchen im Bezirke der anfänglichen Erschütterung besitzen mögen, so blieben doch zuletzt (d. i. in großer Entfernung von dem Orte der anfänglichen Erschütterung) bloß solche Geschwindigkeiten übrig, welche nach den

*) Von den Schwingungsbewegungen fester Körper wird in der Lehre vom Schall die Rede sein.

**) Mém. de l'Acad. 1831. T. X. p. 541.; Inhaltsangabe in Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 423.

***) Für sehr kleine Ortsveränderungen der Theilchen lassen sich selbst Körper, die wir sonst nicht für elastisch zu nehmen pflegen, als solche betrachten.

****) Lebendige Kraft eines Theilchens ist bekanntlich das Product aus der Masse des Theilchens in das Quadrat seiner Geschwindigkeit.

Radien der beweglichen Wellen, und solche, welche senkrecht auf diese Radien gerichtet sind.

4) Die nach der Richtung der Radien vor sich gehenden Geschwindigkeiten haben ausschließlich in den Wellen Statt, welche am [illegible] fortschreiten, und sind von Ausdehnungen begleitet, welche ihnen proportional sind, so daß diese Wellen von derselben Beschaffenheit sind, als die, welche sich in den Flüssigkeiten verbreiten. Die Geschwindigkeiten dagegen, welche senkrecht auf die Radien oder parallel den Oberflächen der Wellen stattfinden, ebenfalls ausschließlich, in den andern Wellen Statt, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit sich zu der der ersten wie $1 : \sqrt{3}$ verhält, und sie sind von keiner Veränderung in der Dichtigkeit des Mittels begleitet, ein bemerkenswerther Umstand, der sich bei den bisher von Mathematikern untersuchten Undulationsphänomenen noch nicht dargeboten hatte.

5) Damit nur eine einzige Art von Wellen entstehe, muß die ursprüngliche Erschütterung besondern Bedingungen genügen, die in Bezug auf die langsameren Wellen schwer zu erfüllen sind. Sind die schnelleren erlangt, so entstehen sie allein, d. h. ohne die langsameren Wellen, wenn die Erschütterung nach allen Richtungen um einen gegebenen Punkt auf dieselbe Weise gewirkt hat.

Fortpflanzung der Erschütterung durch harte Körper. Cauchy *) hat auf mathematischem Wege gefunden, daß die Fortpflanzung der Erschütterung durch einen ganz der Elasticität beraubten Körper, unter Voraussetzung, daß die lineare Contraction des Körpers nach der Richtung des Drucks der wirkenden Kraft einfach proportional sei, ganz nach denselben Gesetzen von der Größe der Volumenänderung, welche die verschiedenen Theilchen des Körpers während eines Augenblicks [illegible] erfahren, abhängt, als die Fortpflanzung der Wärme durch einen homogenen Körper oder den Raum von der Intensität der Wärme an jedem Punkt, indem die Differenzialgleichungen in Bezug auf diese Umstände ganz dieselbe Form haben.

Ausfluß des Sandes von Huber Burnand **). Aus nachfolgenden Versuchen geht hervor, daß der Sand sich in Bezug auf das Quantum, was in einer gewissen Zeit aus Öffnungen ausfließt, ganz anders als tropfbare oder elastische Flüssigkeiten verhält.

Verfahren bei den Versuchen. Der Verfasser ließ sich zu seinen Versuchen zwei hölzerne Kasten, einen von 8 Decimeter Höhe auf 3 Decimeter Breite und einen andern von 12 Decimeter Höhe auf 1 Decimeter Breite verfertigen, die oben offen, auf ihrem untern Boden aber mit 4 kreuzförmig angeordneten Schiebern (palettes à coulisses) versehen waren ***), um den Ausflußspalt beliebig erweitern und verlängern zu kön-

*) Exerc. de math. III. p. [illegible]

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 158. (vergl. hiebei S. 85.)

***) Bei einigen besonders feinen Versuchen wurden den hölzernen Schiebern metallene, die nach Millimetern graduirt waren, substituirt.

n. Der Rand dieser Schieber an der Öffnung wurde zugeschärft, da die Dicke des Holzes ein Hinderniß für die Bewegung des Sandes abgab. Diese beiden Kasten wurden zur Bequemlichkeit der Versuche auf 4 Füße gestellt.

Sowohl das Maß der Zeit, als des Volumens und Gewichts des ausgeflossenen Sandes geschahe mittelst vorzüglicher Instrumente und alle Versuche wurden mehrmals wiederholt. — Der angewandte Sand war mit größter Sorgfalt gesiebt, doch nicht von mehlgleicher Feinheit, Bedingungen, welche der Verfasser zu einem regelmäßigen Fall desselben erforderlich fand, indem bei zu großer Feinheit der Fall häufig unterbrochen wird und massenweise geschahe. Die Ausflußöffnung hatte stets wenigstens 2 Millimeter Breite, was der Verfasser ebenfalls zur Erlangung eines ununterbrochenen Ausflusses als erforderlich erkannte.

Specielle Resultate. 1) Die Quantität Sand, welche in einer gegebenen Zeit durch eine gegebene Öffnung im Boden ausfloß, war ganz gleich, sowohl dem Volumen als dem Gewichte nach, welches auch die Höhe des Sandes im Kasten zu Anfange des Versuchs sein mochte. Differenzen von 2 bis 3 Grammen, die allerdings zuweilen beobachtet wurden, schienen meist nur von der Schwierigkeit abzuhängen, das zur Aufnahme des ausfließenden Sandes dienende Gefäß zur rechten Zeit unterzusetzen, und wegzuziehen; sie compensirten sich aber bei Wiederholung der Versuche *).

2) Die, durch eine 2 bis 3 Millimeter breite Spalte ausgeflossene Menge Sandes stand stets in directem Verhältniß der Länge dieser Spalte. Die geringste Veränderung in der Breite Spalte aber brachte in der Quantität des ausfließenden Sandes einen Zuwachs hervor, welcher das einfache Verhältniß der Mündungsoberfläche überstieg.

3) Der Sand, welcher durch Seitenöffnungen in den Wänden des Gefäßes heraustrat, floß mit derselben Geschwindigkeit, welches auch die Höhe der Sandsäule sein mochte. Waren aber die Löcher horizontal durchbohrt **) und hatten einen Durchmesser, welcher der Dicke des Bretes ungefähr gleich kam, so fiel auch nicht ein Korn Sand durch diese Öffnungen, welches immer die Höhe des Sandes im Kasten sein mochte.

4) Schüttet man Sand in einen Schenkel einer zweimal rechtwinklich gebogenen Röhre, so steigt er nicht wieder im andern Schenkel auf, wie eine Flüssigkeit thun würde, kaum erstreckt er sich von der nächsten Biegung eine sehr kleine Weite in den horizontalen Theil der Röhre hinein.

*) Gewöhnlich wurde der Ausfluß zweimal hinter einander jedesmal 1½ Minute lang dauern gelassen. Waren die ausgeflossenen Quantitäten merklich gleich, so wurde das Resultat für gültig angesehen, die Quantitäten wurden zusammenaddirt, und mit andern verglichen, die bei einer andern anfänglichen Höhe des Sandes erhalten wurden. Wiewohl diese Höhe vom Einfachen auf das Zehnfache geändert wurde, blieben sich doch die ausgeflossenen Quantitäten stets gleich.

**) d. h. wahrscheinlich war die Ebene der Löcher vertical, da dies eine horizontale Richtung beim Acte des Durchbohrens voraussetzt.

5) Welchen Druck man auch auf den in einem Kasten enthaltenen Sand wirken lassen mag, er äußert nicht den geringsten Einfluß auf die Menge des Sandes, welche durch eine gegebene Öffnung ausfließt, die sich auf dem Boden oder an den Seiten des Kastens befindet. Der Versuch wurde successiv mit Öffnungen von 12 und 25 Millimeter angestellt.

6) Ein Lineal, welches senkrecht in den obern Theil der Sandsäule genau in der Richtung der untern Öffnung gesteckt wird, steigt im Sande und mit dem Sande herab, ohne sich auf irgend eine Seite zu neigen, mit vollkommen gleichförmiger Bewegung, fast eben so gleichförmig als eine Uhr. Auch ein, in das Innere des Kastens gebrachtes, nach außen mit einem Zeiger versehenes, Schöpfrad (roue à godets) bewegt sich mit einer erstaunenswerthen Regelmäßigkeit, aber sehr langsam.

Ist dagegen das Lineal anstatt im Mittelpunkte der Bewegung mehr nach den Rändern des Kastens zu angebracht, so neigt es sich mit bewundernswerther Gleichförmigkeit, wie der Zeiger einer Uhr, zugleich aber steigt es herab und schreitet mit sehr langsamer Bewegung nach dem Mittelpunkte fort.

Merkwürdige Bewegungserscheinung an einer tönenden Glasröhre. Nach Weber*), wenn man eine 4 bis 5 Fuß lange cylindrische Glasröhre (von ¼ bis ⅓ par. Lin. dickem Glase und 3 bis 6 Lin. Durchmesser im Lichten) nimmt, das eine Ende mit einem Stöpsel verschließt, den man unmittelbar am Glase abschneidet, die Röhre vertical, das verschlossene Ende abwärts gekehrt, mit der einen Hand locker in ihrer Mitte hält und nun mit einem sehr nassen Tuchlappen die obere Hälfte der Röhre von Oben nach Unten streicht, so daß sie sehr stark den longitudinalen Grundton giebt, so rückt der Stöpsel in die Höhe, und zwar steigt er um so schneller, je stärker die Röhre tönt, bis er in der Mitte der Röhre, wo sich der Schwingungsknoten befindet, stehen bleibt **). Selbst, wenn die Glasröhre sehr schwach conisch gestaltet ist, vermag der Stöpsel vom untern Ende aus in die Höhe zu steigen. Weber goß auf den Stöpsel eine Wassersäule von mehreren Fuß Höhe und wiederholte den Versuch und der Stöpsel hatte eine so große Steigkraft, daß er die ganze Wassersäule mit sich in die Höhe hob. Als die ganze, 4 Fuß 3 Zoll lange, Röhre mit Wasser gefüllt und oben fest mit einem Stöpsel verschlossen ward, ohne daß Luft in der Röhre zurückgeblieben war, äußerte der Stöpsel bei Wiederholung des Versuchs seine Steigkraft so stark, daß er nicht allein die ganze Wassersäule in die Höhe schob, sondern daß er noch durch die Poren und Klinsen des oberen Stöpsels und zwischen dem Stöpsel und dem Glase das Wasser in einer Menge feiner Strahlen nach

*) Schweigg. LIII. 388.

**) Man muß sich hiebei in Acht nehmen, nicht durch allzuheftige Schwingungen, die auch durch wiederholtes sanftes Streichen entstehen können, die Glasröhre zu zerbrechen.

len Seiten mit großer Gewalt heraustrieb. „Die Bewegung des Stöpsels abwärts war bei diesen Hindernissen langsamer, auch erreichte der Stöpsel nicht die Mitte der Röhre, stieg aber doch vom untern Boden derselben 4 bis 5 Zoll in die Höhe. Der longitudinale Grundton der zu diesen Versuchen angewandten Glasröhre war etwas höher als $\bar{\bar{\bar{b}}}$ und etwas tiefer als $\bar{\bar{\bar{h}}}$."

Stern *) hat diese Versuche mit einigen Abänderungen wiederholt, indem er statt eines Stöpsels Streifen von starkem Papier, die er zusammengerollt in die Röhre brachte, anwandte. Er bestimmt die Bewegung hier auf folgende Weise: faßt man die Röhre in der Mitte zwischen zwei Fingern, hält sie vertical und bringt den Streifen in die untere Hälfte der Röhre, so wird er aufwärts steigen, sobald man in der obern oder untern Hälfte der Röhre abwärts streicht; bringt man dagegen unter denselben Umständen den Streifen in die obere Hälfte der Röhre, so wird er abwärts **) steigen; zugleich bemerkt man manchmal eine rotirende Bewegung in dem Streifen. Aber nicht bloß, wenn der Streifen die inneren Wände berührt, bemerkt man diese Bewegung. Man nehme einen starken Papierstreifen und bohre in die Mitte ein Loch, so daß er eine gewisse Glasröhre genau umschließt, so wird sich der Streifen auf dieselbe Weise bewegen, als wenn er in der Röhre wäre. Es ist auch nicht nöthig, daß man die Röhre vertical hält, sondern sie kann eben so gut geneigt oder horizontal sein.

Bewegung fester Körper in Widerstand leistenden Mitteln.

Man hat zum Theil bis auf die neueren Zeiten die Bahn und Geschwindigkeit abgeschossener Kugeln nach der Newtonschen Voraussetzung, daß der Widerstand der Luft dem Quadrat der Geschwindigkeit der Kugeln proportional sei, zu berechnen gesucht. Als man jedoch die Resultate der nach dieser Annahme geführten Berechnungen mit den Erfahrungen verglich, zeigte sich, daß der wirkliche Widerstand immer größer ausfiel, als ihn die Rechnung ergab, vorzüglich bei so großen Geschwindigkeiten, als den Kugeln gewöhnlich mitgetheilt werden. Bei sehr kleinen Geschwindigkeiten allerdings war dieser Unterschied unmerklich, so daß bei diesen die Annahme, daß der Widerstand dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional sei, für richtig gelten konnte; allein je mehr die Geschwindigkeit des Körpers vergrößert wurde, desto mehr nahm das Verhältniß des berechneten Widerstandes zum beobachteten zu.

Robins und Euler haben diesen Umstand in die Rechnung aufzunehmen gesucht. Glücklicher jedoch als diese scheint in der Lösung des Pro-

*) Schweigg. LXI. 281.

**) Unstreitig durch einen Druckfehler steht im Original hier ebenfalls aufwärts.

[illegible]

bildet gründet sich darauf, daß er bei Berechnung [illegible] die Luft vor der Kugel erleidet, [illegible] Druck mit in Rechnung nimmt, [illegible]

[illegible]

Theilen wir jetzt die Tabelle mit, welche Schmidt [illegible] Widerstand auf verschiedene Kugeln gefunden hat. Für den [illegible] auf [illegible]

[illegible]

*) Theorie des Widerstandes der Luft bei der Bewegung der Kö[illegible] Dr. J. C. Ch. Schmidt. Göttingen, 1831.

**) Er äußert in diesem Bezuge: „Es dürfte nun wohl im [illegible] unmöglich sein, die mannigfaltigen Bewegungen und Stöße der Luft hin[illegible] Körper analytisch zu entwickeln, allein bei einiger Überlegung bemerkt ma[illegible] daß man nicht viel fehlen werde, wenn man im Mittel den Druck a[illegible] Element der hintern Seite des Körpers gleich dem gewöhnlichen Druck [illegible] mosphärischen Luft setzt, welches auch durch die Übereinstimmung der a[illegible] Hypothese abgeleiteten Resultate mit der Beobachtung übereinstimmt.“

Ich gestehe, daß es mir aus demselben Grunde, warum vor de[illegible] eine (sich nur sehr wenig von der Kugel fort erstreckende) Verdichtung [illegible] anzunehmen ist, wahrscheinlich erscheinen würde, daß hinter derselben ei[illegible] liche Verdünnung Statt finde. Indeß kenne ich die Gründe nicht, die [illegible] bestimmt haben, einen mit dem gewöhnlichen Luftdruck gleichen Druck hi[illegible] Kugel für wahrscheinlicher zu halten.

Quecksilber; $q = \frac{v^2}{2x}$; v die Geschwindigkeit der Kugel in Metern in einer Secunde; x der constante Coefficient, welcher das Verhältniß des Drucks zur Masse der Volumeneinheit der Luft ausdrückt, und von Schmidt für 0° C. zu 78319 (bei metrischem Maße) angenommen wird*).

Der Ausdruck des Widerstandes auf einen Cylinder andrerseits, der sich in der Richtung seiner auf der kreisförmigen Basis (vom Radius r) senkrecht stehenden Axe bewegt, ist folgender:

$$\pi p r^2 \omega \left[e^q - 1\right] \qquad (2)$$

Entwickelt man die in den Klammern enthaltenen Werthe, so erhält man für den Widerstand auf eine Kugel:

$$\pi p r^2 \omega \left[\frac{q}{2} + \frac{q^2}{1.2.3.} + \frac{q^3}{1.2.3.4.} + \ldots\right] \qquad (3)$$

und auf die Basis eines Cylinders:

$$\pi p r^2 \omega \left[\frac{q}{1} + \frac{q^2}{1.2.3.} + \frac{q^3}{1.2.3.4.} + \ldots\right] \qquad (4)$$

Es ergiebt sich hieraus, daß, so lange die Geschwindigkeit so klein ist, daß man die zweiten und höheren Potenzen von q vernachlässigen kann, der Widerstand gegen eine Kugel, deren größter Kreis der Basis des Cylinders gleich ist, nur halb so groß, als gegen den Cylinder ist, wenn beide Körper einerlei Geschwindigkeit haben, wie die Versuche auch gezeigt haben. Streng genommen ist dies Verhältniß immer kleiner als ½.

Für die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und zurückgelegtem Wege einer Kugel unter Berücksichtigung des durch (1) bestimmten Luftwiderstandes ergiebt sich nach Schmidt's Entwickelung nachfolgende Gleichung, die jedoch bloß für den einfachen Fall gilt, wo die Kugel in gerader Linie fortgeht, also auf die Schwerkraft keine Rücksicht genommen wird, welches indeß eine bedeutende Näherung zu dem Fall ist, wenn die Kugel horizontal abgeschossen wird.

$$\text{log. nat.} \left[\frac{1 - (1 + q') e^{-q'}}{1 - (1 + q) e^{-q}}\right] = \frac{g \pi r^2 p}{4 m x} (x - x') \qquad (5)$$

*) Dieser Coefficient erhält bei t Grad Temperatur C. folgenden Werth:

$$78319 \, (1 + 0{,}00375 \, t)$$

und steht für verschiedene Gasarten im umgekehrten Verhältnisse ihrer Dichtigkeit. Die Data, die dieser Bestimmung zu Grunde liegen, sind, daß bei einer Barometerhöhe von 0,76 Meter und 0° C. Temperatur die Dichtigkeit des Quecksilbers 10506 Mal so groß als die der atmosphärischen Luft, und daß das Doppelte des Fallraums in einer Secunde = 9,8088 Meter ist. Man hat nämlich:

$$x = \frac{g \varpi \eta}{\Pi} (1 + 0{,}00375 \, t)$$

wenn g das Doppelte des Fallraums in der ersten Secunde; Π das Gewicht der Einheit des Volumens Luft bei 0° und unter dem Druck, welcher durch eine Quecksilbersäule von der Höhe η gemessen wird; ϖ das Gewicht der Einheit des Volumens Quecksilber bei 0° C.; t hunderttheilige Temperaturgrade sind.

blems Schmidt (in Göttingen) in einer beson[illegible]
sen zu sein, in welcher er neue Untersuchun[illegible]
elastischen Mittels gegeben hat.

Seine von den frühern versch[illegible]
blems gründet sich darauf, daß [illegible]
die Luft vor der Kugel erfährt, [illegible]
Druck mit in Rechnung nimmt, [illegible]
vernachlässigt worden ist. Diese Verb[illegible]
nur sehr wenig von der Oberfläche der [illegible]
ausgesetzt; was eine ähnliche Behan[illegible]
jenigen Probleme, welche sich auf [illegible]
gründen.

Was den Druck, der auf die [illegible]
anlangt, so setzt ihn Schmidt den [illegible]
Luft gleich **). Der Widerstan[illegible]
durch eine Formel ausgedrückt [illegible]
keit als Exponent vorkommt; [illegible] verschiedenen [illegible]
Geschwindigkeiten wirklich auf [illegible] sich nicht [illegible]
Geschwindigkeiten, welche me[illegible] für denselben Fall
welche dem Quadrat der Ge[illegible] bei vernachlässigter [illegible]
Weitem unwirksamer, als [illegible] der Bewegung an
setzt selbst nach der Ge[illegible] $= \frac{g\pi r^2 p}{m z}$;

Theilen wir jetzt [illegible]
Widerstand auf verschied[illegible] von $q = q'$, dann
auf eine Kugel erh[illegible] $\Big\{ 1 + \frac{4}{3} q - \frac{1}{27}$ [illegible]

[illegible] $\Big\} + \frac{1}{11340} q^4 + $ [illegible]

wo $\pi = 3,$[illegible] bestimmt wird:
silbersäule, we[illegible]
r der [illegible] $+ \frac{4}{3} q' - \frac{1}{27} q'^2$ [illegible]

[illegible] $\frac{1}{11340} q'^4 + \frac{1}{61236}$ [illegible]

Dr. [illegible]

[illegible] Er [illegible] hier mitgetheilten For[illegible]
unmöglich sein. [illegible] einem Versuche von Hu[illegible]
Körper ana[illegible] Weges aus zwei beobacht[illegible]
[illegible] man [illegible] Werthe giebt, di[illegible]
[illegible] die beobachteten anschließen.
[illegible] Pendels, daß eine eisern[illegible]
[illegible] Ladung von 1 Pf. Pulve[illegible]
[illegible] sich 50 engl. Fuß von der
[illegible] Geschwindigkeit von 2088 Fu[illegible]
[illegible] von der Mündung der
[illegible] Fuß abgenommen. Die We[illegible]

... Fuß entspricht, ist sonach 850 Fuß. ... 337,9 Fuß; während, wenn man ...rechnet, man 729,6 Fuß, also

...n Formeln für den Wider... ...rm mittheilen, aus welchen ...eine Kugel und einen Cylinder

...enelements, das sich mit der Ge... ...er Richtung der Bewegung den Wi... ...s der Ausdruck für den Widerstand, wel... ...Richtung der Bewegung erfährt:

$$\omega \, p \, e^{\frac{v^2 \sin.^2 \psi}{2x}} \sin. \psi. \, d S.$$

...Widerstand für die ganze Vorderfläche eines Körpers ...man das Integral dieser Differenzialformeln innerhalb ...en nehmen.

...Druck muß nun aber, um das Resultat für den ganzen ...wir den auf die Richtung der Bewegung senkrechten Druck ...ßer lassen) *) zu erhalten, der Druck, der auf die hintere Seite ...örpers geäußert wird, abgezogen werden. Legt man mit Schmidt ...Voraussetzung zu Grunde, daß er dem gewöhnlichen atmosphärischen ...gleich sei, so wird er auf ein Flächenelement d S', das den Winkel ...mit der Richtung der Bewegung macht, folgenden Ausdruck haben:

$$\omega \, p \sin. \psi' \, d S'.$$

Dieser Ausdruck wird wiederum, um den Druck für die ganze Hinter... ...e zu erlangen, bis zu den Gränzen zu integriren sein, wo der Vor... ...ruck zu wirken aufhört. Da letzterer Druck dazu dient, die Bewegung ...er zu vermehren, so wird der Unterschied zwischen beiden Integralen ...eigentlichen Widerstand der Luft ausdrücken; man hat daher:

$$\omega \, p \int e^{\frac{v^2}{2x} \sin.^2 \psi} . \sin. \psi. \, d S - \omega \, p \int \sin. \psi'. \, d S'$$

...den Ausdruck des ganzen Widerstandes der Luft.

*) Dieser hebt sich bei allen denjenigen Körpern, bei denen die Richtung ...Bewegung durch den Schwerpunkt geht und die Richtungslinie eine Axe des ...örpers ist, gegen welche die Oberfläche desselben symmetrisch ist, gegenseitig auf.

VIII. Druck, Zusammendrückung, Capillaritäts-Erscheinungen tropfbarer Flüssigkeiten.

Über das Princip der Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen in Flüssigkeiten, von Poisson.*). Die Hydrostatik gründet sich auf das Princip der Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen, welches man gewöhnlich als ein Datum der Erfahrung für den Gleichgewichtszustand der Flüssigkeiten ansieht, und durch Analogie auf ihren Bewegungszustand übergetragen hat, ohne daß es für diesen je durch Beobachtung erwiesen worden wäre. Poisson zeigt nun durch Betrachtungen, die ich im Wesentlichen unten mittheilen werde, daß dies Princip in der That für Flüssigkeiten, die in Bewegung sind, nicht für gültig erachtet werden kann, mithin;

daß in Flüssigkeiten, die in Bewegung sind, keine Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen Statt finde;

ein für die Theorie der Bewegungen der Flüssigkeiten höchst wichtiges Ergebniß, indem er die bisher für allgemein gültig erachteten, in allen Lehrbüchern der höhern Mechanik vorfindlichen, Bewegungsgleichungen der Flüssigkeiten, welche man durch Combination des d'Alembertschen Princips mit den Gleichgewichtsgleichungen der Flüssigkeiten **) erhält, abzuändern nöthigt, welche Änderungen auf die daraus zu ziehenden Folgerungen nicht ohne Einfluß sein können.

In diesem Bezuge möchte vor Allem Bemerkung verdienen, daß die große Schwierigkeit, welche der Undulationstheorie des Lichts bisher entgegengestanden hat, nämlich die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenen Farbestralen zu erklären, durch die neue Betrachtungsart des Bewegungsstandes der Flüssigkeiten, welche die Berücksichtigung des vorigen Umstandes erfodert, vielleicht ihre Erledigung finden wird ***); so wie durch sie vielleicht auch die, bis jetzt ebenfalls noch nicht genügend erklärte, Abweichung, welche zwischen der beobachteten Schallgeschwindigkeit und derjenigen, die man aus dem Tone der Blasinstrumente nach der gewöhnlichen Theorie berechnet, erklärlich werden wird. Es wird unstreitig zweckmäßig sein, die ganze, in Poisson's Note auf diesen Gegenstand bezügliche, Stelle mit seinen eigenen Worten herzusetzen:

*) Nach den Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 145. und XLIV. 423. Die Abhandlung selbst, von der hier Nachricht gegeben wird, und die Gleichungen, auf die darin verwiesen wird, werden sich im Cah. XX. des Journal de l'école polyt. befinden, das aber bis jetzt noch nicht erschienen ist.

**) Vergl. hierüber u. a. Mécanique par Poisson II. p. 332. 443.

***) Doch macht Cauchy, nach welchem in dem Äther bei Fortpflanzung der Lichtschwingungen kein Druck Statt findet, diese Erledigung von einem andern Umstande abhängig. Vergl. Mém. de l'Acad. 1831. T. X. p. 304. 310. 316.

...r Flüssigkeiten, die ich erhalten habe,
...h durch Combination der Gleichge-
d'Alembertschen Princip erge-
und gasförmigen Flüssig-
ihre freie oder durch
Man wird sie auf
...n Röhren enthalten
...iten der ihnen nahe
...ig sein, die neuen Glie-
...rt habe, bei den gemacht
Schallgeschwindigkeit mit den
Versuchen *) merklich verschie-
...rumente geschlossen wird, zu den
...o ihre Berücksichtigung nöthig wäre.
...en Schwingungen des Äthers handelt,
...eorie die Erscheinungen des Lichts bei
...n der Dauer jeder Schwingung abhängen,
ihre Betrachtung dienen können, eine der
...ben, welche die Vibrationstheorie darbietet,
... ungleiche Brechbarkeit der verschiedenen Strahlen
...eorie nämlich unterscheiden sich die Farben, wie die
... von einander durch die Schwingungszahlen, denen sie
...n die gewöhnlichen Bewegungsgleichungen der Flüssigkei-
...tigkeit und elastische Kraft enthielten, so ließ sich schwer
... Wellen oder Strahlen verschiedener Farben beim Übergange
...ttel in das andere verschiedene Effecte erfahren sollten; diese
...t verschwindet aber, wenn die Bewegungsgleichungen unsere
...ide successive Flüssigkeiten bezüglichen, Data eine specielle Quan-
jeden Lichtstrahl enthalten. Ich begnüge mich, hier diese Be-
anzudeuten, indem ich mir vorbehalte, sie in der Folge gehörig
...ln."

...Betrachtungen selbst anlangend, durch welche sich Poisson ver-
...et, das Princip der Gleichheit des Drucks nach allen Richtun-
...e Flüssigkeiten im Bewegungszustande nicht für anwendbar zu
... kommen sie, auf eine plane Weise dargestellt, im Wesent-
Folgendes zurück.

...fern der Druck im Innern einer Flüssigkeit auf den gegenseiti-
...enden oder abstoßenden Wirkungen ihrer Theilchen beruht (wie
... den Druck in einer gasförmigen Flüssigkeit dem gegenseitigen
...rer Theilchen, aus einander zu weichen, beimessen kann), die
...r anziehenden oder abstoßenden Wirkungen aber in Abhängigkeit
...egenseitigen Abstande ihrer Theilchen steht, so leuchtet ein, daß,

...g. Ann. XVI. 4[illegible].

VIII Druck, Zusammendrückun[illegible] Erscheinungen tropfbarer [illegible]

Über das Princip der Gleichhei[illegible] Richtungen in Flüssigkeiten, von [illegible] gründet sich auf das Princip der Gleichh[illegible] tungen, welches man gewöhnlich als ein [illegible] Gleichgewichtszustand der Flüssigkeiten [illegible] ihren Bewegungszustand übergetragen ha[illegible] Beobachtung erwiesen worden wäre. [illegible] tungen, die ich im Wesentlichen unter[illegible] in der Apsat für Flüssigkeiten, die [illegible] geübt werden kann, mithin:

daß in Flüssigkeite[illegible] Gleichheit des Dr[illegible] findet

ein für die Theorie der Bewe[illegible] indem es die bisher für [illegible] der höhern Mechanik [illegible] welche man durch [illegible] [illegible]

[illegible]

wenn einmal [illegible] und [illegible] in einer Flüssigkeit [illegible] Die [illegible] versiegelt [illegible] ten, welche man auf die [illegible] Bouteille [illegible] leer, [illegible] den können, wenn die [illegible] Die vierte Bouteille mit [illegible] Punktes [illegible] mit doppelter Leinwand [illegible] den, oder [illegible] nur jener Theil des Halses [illegible] enthalten ist. [illegible] untere Theil waren verschwun[illegible] ten die [illegible] Aufbewahrung von Äther bestimm[illegible] Punkt [illegible] Glasstöpsel versehen war. [illegible] Die Glaskugel, die [illegible] war, war leer, und hatte [illegible]

[illegible] Gegenstand, die jedoch keine [illegible] folgender Literatur finden:

[illegible] 1827. Juillet — Sept. [illegible]
[illegible] Edinb. J. of sc. 1829. Jan[illegible]
[illegible] in Philos. Mag. 1825.
[illegible] Vl. 54.

[illegible] Flüssigkeiten.

[illegible]

Correctionsart, die sie angewandt haben (Biot. I. ...; denn es kann die Zusammenziehung, welche die ...hülle umgebene Flüssigkeit unter den Umständen der in Rede ...enden Versuche erfährt, bald größer bald kleiner ausfallen, als sie ... die Hülle ausgefallen sein würde. Nämlich:

3) Die beobachtete oder scheinbare Contraction fällt größer dann aus, ...enn die Substanz der Flüssigkeit weniger compressibel ist, als die Sub...anz der Hülle, kleiner dann, wenn sie mehr compressibel ist; und nur, ...enn beide Substanzen gleich compressibel sind, zieht sich die Flüssigkeits...masse gerade so zusammen, als sie sich auch ohne Gegenwart der Hülle ...sammengezogen haben würde.

4) Der Unterschied zwischen der scheinbaren und wahren Zusammen...ehung der Flüssigkeit verschwindet um so mehr, je dünner die Gefäßhülle ...ird, ist dagegen am größten, wenn der innere Radius des Gefäßes sehr ...ein gegen den äußern und die Hülle viel compressibler als die Flüssig...keit ist.

5) Die Regel, um die wahre Zusammendrückung der Flüssigkeit aus ...r scheinbaren bei kugelförmiger Gestalt der Hülle zu berechnen, ist in ...lgender Formel enthalten *):

$$Z = \frac{A Z'}{(1 - \zeta B)}$$

Hierin bedeutet Z die wahre, Z′ die scheinbare Contraction. ζ bedeu...t das Verhältniß der scheinbaren Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit ...r wahren Zusammendrückbarkeit der Substanz der Hülle, oder, was ...selbe sagt, die scheinbare Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit, wenn ...e wahre Zusammendrückbarkeit der Hülle gleich 1 gesetzt ist. Ferner ist ...r Kürze halber gesetzt:

*) Diese Formel ist eine ziemlich einfache Folgerung der S. 55 und 56 ange...führten Formeln. Man hat nämlich nach den dort gegebenen Bestimmungen:

$$Z : Z' = D : 9 x' a^3 \text{ d. i.}$$

$$Z : Z' = x' A + x B : x'$$

...hin:

$$Z = \frac{Z' (x' A + x B)}{x'}$$

In dieser Formel ist die wahre Zusammendrückbarkeit $\frac{1}{x'}$ der Flüssigkeit ...ch unbekannt, und aus der scheinbaren, die man gefunden hat, zu bestimmen. ...etzen wir nun die Zusammendrückbarkeit der Hülle = 1, die gefundene schein...bare Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit = ζ, so haben wir das Verhältniß:

$$\zeta : \frac{1}{x'} = Z' : Z$$

Der Werth von x', der sich aus dieser Proportion ergiebt, in die vorige ...rmel substituirt, giebt:

$$Z = \frac{A Z'}{(1 - \zeta B)}$$

...oben.

$$A = \frac{5a^3 + 4a'^3}{9a^3}; \quad B = \frac{4(a^3 - a'^3)}{9a^3}$$

worin a der äußere, a' der innere Radius der Kugel ist.

Beispiel. Es sei eine kugelförmige Hülle gegeben, deren äußerer Radius sich zum inneren verhält wie 21 : 20. Die scheinbare Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit sei doppelt so groß gefunden, als die bekannte Zusammendrückbarkeit der Hülle, mithin:

$a = 21$, $a' = 20$, $\zeta = 2$; $A = 0{,}939471$; $B = 0{,}060516$

hieraus ergiebt sich:

$$Z = (1{,}06883)\, Z'$$

hätte man $a = 42$; $a' = 41$, so würde sich finden:

$$Z = (1{,}03306)\, Z'$$

6) Will man die Zusammendrückbarkeit einer Flüssigkeit und eines festen Körpers vergleichen, wenn man bei der ersten die lineare Contraction kennt, die sie durch einen auf ihre ganze Oberfläche gleichförmig und senkrecht wirkenden Druck erfährt, bei dem andern die lineare Contraction oder Verlängerung, die ein sehr dünner gerader Stab aus der Materie dieses Körpers erfährt, wenn man eine Druck- oder Zugkraft gleicher Größe *) auf die Enden des Stabs bei freier Seitenfläche desselben in der Richtung seiner Länge wirken läßt, so ist folgende Regel **) in Rücksicht zu ziehen.

Die Linear-Contraction, welche der Druck, auf letztere Weise angewandt, bewirkt, ist doppelt so groß, als die, welche er unter gleichen Umständen auf erstere Weise angewandt bewirkt.

Diese Regel ist für jede beliebige Gestalt des Körpers, auf dessen ganze Oberfläche man den Druck wirken läßt, gültig, und es geht hieraus hervor, daß die Capacitätsverringerung einer bleiernen Flasche, nach der Contraction eines Stabs von demselben Metall berechnet, bloß die Hälfte von der ist, welche Örsted angegeben hat.

Capillaritätserscheinungen.

Über die Theorie der Capillarwirkung. Die Verdienste, welche sich Clairaut, Young, Laplace um die mathematische Begründung der Theorie der Capillarwirkungen erworben haben, sind bekannt. Neuerdings sind die Untersuchungen über diesen Gegenstand von Neuem von Gauß in seinen Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibrii. Gott. 1830 ***) und von Poisson in einem Werke, welches noch unter der Presse ist, wovon aber vorläufig eine Notiz in den Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 61 erschienen ist, vorgenommen worden.

*) D. i. eine Kraft gleicher Größe, als bei der Flüssigkeit, diese Größe auf die Einheit der Oberfläche bezogen.

**) Diese Regel stimmt mit dem S. 55 gegebenen Satze 8) überein.

***) Kurzer Auszug in Bull. univ. 1830. oct. p. 241.

Gauß anlangend, so basirt er seine Theorie auf dieselben physikali-
jen Grundlagen als Laplace, und seine Theorie unterscheidet sich von
r des letztern bloß darin, daß die Gleichgewichtsgleichungen des Problems
tf eine andere Weise gebildet und strenger begründet werden *).

Poisson macht gegen Laplace und Gauß den Einwurf geltend,
ıß sie eine der physischen Bedingungen des Problems übersehen haben,
eren Betrachtung zur genügenden Lösung desselben erfoderlich sei, nämlich:
ie rasche Variation in der Dichtigkeit, welche die Flüssigkeit bei ihrer freien
)berfläche und bei der Wand der Röhre erfährt. Es wird nämlich im Gleich-
ewichtszustande jede unendlich dünne Schicht im Innern einer Flüssigkeit gleich
ark auf ihren beiden Flächen durch die, um die Attractivwirkung vermin-
erte, Repulsivwirkung der Theilchen zusammengedrückt, die in den benach-
arten Schichten bis zu der (sehr nahen) Gränze liegen, bis zu welcher der
Radius der Molecularwirkung reicht. Jede dünne Schicht nun, die weiter
on der Oberfläche entfernt ist, als der Radius dieser Wirksamkeit, wird
ne vollständige und gleich starke Wirkung von beiden Seiten erfahren;
agegen ganz nahe an der Oberfläche der Radius der Wirksamkeit oberhalb
er Schicht nicht mehr von Theilchen ausgefüllt wird; ja ganz an der
)berfläche wird die Molecularwirkung von dieser Seite null sein, und die
nendlich dünne Schicht der Oberfläche bloß noch durch die Wirkung der
tmosphäre zusammengedrückt werden. Die Dichtigkeit der Flüssigkeit muß
emzufolge ganz nahe an der Oberfläche nach einem unbekannten Gesetze
hnell abnehmen. Ähnliche Betrachtungen lassen sich auf die Flüssigkeits-
hichten in der Nähe der Röhrenwände anwenden.

Poisson hat mit Berücksichtigung dieses Umstandes in seiner neuen
Theorie die Gleichungen für die gemeinschaftliche Oberfläche zweier, in
einer beliebigen Röhre übereinander stehenden, Flüssigkeiten und für ihren
Umriß abgeleitet, worunter als besonderer Fall die Gleichungen für die freie
Oberfläche einer einzigen Flüssigkeit enthalten sind. Ihre Form ist die näm-
liche als die der Gleichungen, welche Laplace gegeben hat; aber die Aus-
drücke der zwei speciellen Constanten, welche sie enthalten, durch bestimmte
Integrale sind ganz verschieden, so daß man auch ganz andere Zahlwerthe
finden würde, wenn man diese Constanten, anstatt sie durch Versuche zu
bestimmen, direct nach ihren analytischen Ausdrücken berechnen könnte,
was jedoch erfodern würde, daß die Gesetze der Wirkung der Röhre auf
die Flüssigkeit und der Flüssigkeit auf sich selbst bekannt wären.

*) Namentlich war die für die Herleitung der Gleichungen wesentliche Be-
ingung, daß die Berührungsebene an der freien Oberfläche der Flüssigkeit und
e an der Gefäßwand an der Berührungsgränze von Gefäß und Flüssigkeit einen
nstanten Winkel mit einander bilden, von Laplace ohne genügenden Beweis
ngenommen, aber nicht, wie von Gauß geschehen, aus der Wirkung der Ge-
ßtheilchen auf die Flüssigkeitstheilchen mathematisch hergeleitet worden.

$$A = \frac{5a^3 + 4a'^3}{9a^3}; \; B = 4$$

worin a der äußere, a' der innere Radius de

Beispiel. Es sei eine kugelförmige H
Radius sich zum inneren verhält wie 21 : 2(
drückbarkeit der Flüssigkeit sei doppelt so gr
Zusammendrückbarkeit der Hülle, mithin:

a = 21, a' = 20, ζ = 2; A =

hieraus ergiebt sich:

Z = (1,0688

hätte man a = 42; a' = 41, so würd

Z = (1,0830

6) Will man die Zusammendrückb
festen Körpers vergleichen, wenn man be
kennt, die sie durch einen auf ihre
senkrecht wirkenden Druck erfährt, b
oder Verlängerung, die ein sehr dün
dieses Körpers erfährt, wenn man
Größe *) auf die Enden des Stabs
Richtung seiner Länge wirken läßt,
zu ziehen.

Die Linear-Contraction, w
wandt, bewirkt, ist doppelt so
Umständen auf erstere Weise an

Diese Regel ist für jede
ganze Oberfläche man den Druck
vervor. daß die Capacitäten
Contraction eines Stabs vor
von der ist welche Oersted

Capillar

Über die Theorie
welche mit Clairaut,
gründung der Theorie d
Laplace Neuerdings und
Neuem von Gauß in
...rum in statu acquilit
Welt welches noch
in der Ann. de Ch. et
werden

*) D. i. eine Kraft
der Einheit der Oberfläche
**) Diese Regel
***) Kaiser

Mündung ist; auch sind die absoluten Werthe der Coefficienten um ... je kleiner diese Höhe ist; so z. B. nimmt bei der Mündung von 1 ...meter Höhe der Coefficient, der für die stärksten Druckhöhen 0,6... continuirlich zu, bis er 0,698 für die kleinste Druckhöhe wird; w... ...der Coefficient bei der Mündung von 2 Centimeter Höhe sich zw... ...schen 0,622 und 0,668; und bei der Mündung von 3 Centimeter ...nur zwischen 0,623 und 0,640 ändert.

4) Verzeichnet man Curven, deren Abscissen die absoluten Dr... ...ken und deren Ordinaten die ihnen respectiv zugehörigen Coefficienten ... so erhält man vollkommen continuirliche Linien, und zwar der Art ... der Curven, welche sich auf die Mündungen von 20, von 10 und ... Centimeter Höhe gegen 20 Centimeter Breite beziehen, ihre Concavi... gegen die Axe der Abscisse kehren, und eine Maximum-Ordinate ... dagegen bei den Curven, welche den Mündungen von 3, von 2 und 1 Centimeter Höhe auf 20 Centimeter Breite zugehören, statt des ...mum Punkts sich ein Beugungspunkt zeigt.

5) Wenn die Öffnung nicht, wie bisher vorausgesetzt wurde, ...durch den Schieber) verschlossen, sondern offen ist, so nimmt der ...cient der für diesen Fall gebräuchlichen Formel continuirlich zu von Wasserstande von 21 Centimeter über der Basis der Mündung, ... 0,389 ist, bis zum Stande von 2 Centimeter, wo er 0,415 wird; ... ganz mit Bidone's Resultaten übereinstimmt.

6) Was die Vena contracta anlangt, welche durch die quadr... Mündung von 20 Centimeter Seite erhalten wurde, so fand das Ma... der Contraction in einem Abstande von ungefähr 30 Centimeter v... Ebene der Mündung, d. h. dem $1\frac{1}{2}$ fachen ihrer Länge, Statt, in ...einstimmung mit dem schon Bekannten. Die (geometrisch gemessene ... der Vena contracta an dieser Stelle war 225,06 Qu. Centimeter, ... Verhältniß zur Area der Mündung fast wie $\frac{225}{400}$ oder $\left(\frac{3}{4}\right)^2$ ... die Seite des als quadratisch betrachteten Querschnitts der größten ... ...ziehung des Strahls ist $\frac{3}{4}$ von der Seite der Mündung. D... Verhältniß $\left(\frac{3}{4}\right)^2$ oder 0,5625 viel kleiner als der Coefficient ... scheint die gewöhnlich vorausgesetzte Beziehung zwischen diesen ...cienten und dem Verhältniß des Querschnitts der Vena contrac... ...fläche der Ausflußmündung nicht gültig zu sein.

[illegible] Versuche von d'Aubuisson *).

Die Versuche von d'Aubuisson, welche in kleinerm Maßst... ...[illegible] mit Reservoirs, deren eines als ein kubisches Gefäß vo...

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 225.

...ter Seite bezeichnet wird, angestellt wurden (bei constantem Niveau), ...en folgende Resultate in Bezug auf rechteckige Mündungen, welche in ...r dünnen verticalen Wand angebracht sind, geliefert.

1) Der Coefficient des Ausflußquantums ändert sich, ent...gen der gewöhnlichen Annahme, wenigstens für kleinere Druck...höhen, mit der Breite *) der Mündungen ab.

So wurden bei Mündungen von 0,01 Meter Höhe gegen 0,30 Meter ...eite, die in ein Blatt Weißblech gebrochen waren, folgende respective ...erthe des Coefficienten erhalten: 0,70; 0,71; 0,71; 0,69 **) bei fol...genden Druckhöhen: 0m,018; 0m,0305; 0m,054; 0m,064; 0m,081; wäh...rend für quadratische Mündungen von 0m,01 Seite bloß 0,64 bis 0,66 ...nd für kreisförmige von 0m,01 Durchmesser 0,66 bis 0,67 gefunden ...wurden.

2) Desgleichen, entgegen der gewöhnlichen Annahme, fand d'Au...buisson, daß, wenigstens für kleine Druckhöhen das Ausfluß...quantum durch eine Mündung ganz ungeändert bleibt, wenn ...ach zur Seite desselben eine oder zwei andere Mündungen ...eröffnet werden. Die Versuche darüber wurden an einer Mündung ...on 0m,1000 Breite und 0m,0102 Höhe angestellt, zu deren Seite (durch ...n Intervall von 0m,01 und bei einem andern Versuche von 0m,05 davon ...etrennt) zwei andere rechteckige Mündungen von derselben Höhe (0m,0102) ...nd 0m,08 Breite angebracht waren, die beliebig geöffnet und verschlossen ...erden konnten. Die angewandten Druckhöhen betrugen 0,0201 bis 0,0601 ...Meter.

Folgende Tabelle dient zum Belege. Das Intervall zwischen den seit...lichen und der mittlern Öffnung betrug hier 0,01 Meter.

*) Unter Breite ist die horizontale, unter Höhe die verticale Di...mension der Mündung verstanden.

**) Ein Werth ist unstreitig weggelassen.

Mündung ist; auch sind die absoluten [illegible]
[illegible], je kleiner diese Höhe ist; so [illegible]
[illegible] Höhe der Coefficient, der [illegible]
[illegible] zu, bis er 0,698 für [illegible]
dieser Coefficient bei der Mün[illegible]
[illegible] 0,622 und 0,668; und [illegible]
nur zwischen 0,623 und 0,6[illegible]

4. Vergleichet man [illegible]
[illegible] Ordinaten [illegible]
[illegible] man [illegible]
[illegible] welche [illegible]
[illegible]
[illegible] die Axe [illegible]
[illegible]
1 [illegible]
[illegible]
5 [illegible]

		0,4[illegible]
0,5[illegible]		
0,551	0,5[illegible]	[illegible]
0,651	0,650	[illegible]
. . . .	0,721	0,[illegible]
. . . .	0,786	0,[illegible]

[illegible], welche sich um ein in fließ[illegible]
[illegible] an der Oberfläche des Wa[illegible]
[illegible] unstreitig hat jeder schon öfters Gele[illegible]
[illegible] fließendem Wasser eine Art Curven
[illegible] Stände bilden, z. B. Stengel von [illegible]
[illegible] mit einem Theile ihrer Länge über
[illegible] die Oberfläche des Wassers erhabene
[illegible]erscheinungen, von denen sie [illegible]
[illegible] daß sie nicht fortschreiten, und [illegible]
[illegible] von derselben Beschaffenheit, auch
[illegible] Wassers nur leise mit einem St[illegible]
[illegible] Art, sie hervorzubringen, näher von

[illegible] oder eine mathematische Erklärung
[illegible] bis jetzt noch nicht gegeben worden
[illegible] künftig damit zu beschäftigen.
[illegible] Bestimmungen über diese Ersch[illegible]
[illegible] Beobachtungen ergeben.
[illegible] Fig. 9 die Oberfläche [illegible] in gerader Ri[illegible]
[illegible] leise mit der Spitze eines [illegible]
[illegible] Substanz: sofort werden sich auf dieser
[illegible] Linien, oder Falten (rides), wie
[illegible] c'a'd' u. s. w. in Gestalt einande[illegible]

…en bilden, deren innerste A zum Scheitel hat, …roßen Axe eine Gerade A B haben, die … der Richtung des Stroms an diesem … der Figur angedeutet wird. Diese … geschieden, die mit ihrer Ent… … ihre Anzahl scheint unendlich … die Oberfläche des Wassers vor… … so hören sie in nicht großer Entfer… …, ungefähr wie dies auch bei den gewöhn… … von ruhigem Wasser hervorgerufenen, Wellen … von denen jedoch angegebenermaßen der Unter… …, daß die Curven in unserm Fall vollkommen unbeweg… …n bleibender Form sind, so lange der Ruhezustand des Stäb… … der Bewegungszustand des Stromes sich nicht ändern. Hiezu kommt noch der andere Unterschied, daß die Erscheinung nicht auch noch nach Entfernung des Stäbchens fortdauert, sondern im Augenblicke, wo die Spitze die Oberfläche des Wassers verläßt, plötzlich verschwindet.

Was nun die nähere Bestimmung der Erscheinung anlangt, so erhellt …us den Beobachtungen Folgendes:

1) Die Erscheinung ist nur auf die Oberfläche der Flüssigkeit beschränkt …nd geht nicht, oder nicht merklich in die Tiefe.

2) Sie ist unabhängig von dem Dasein oder Nichtdasein von Gefäß…änden, welche die Flüssigkeit einschließen; und es erfolgt an diesen Wän…en keine Reflexionserscheinung.

3) Die Flüssigkeitstheilchen werden nicht wahrnehmbar aus der natür…chen Richtung des Stroms abgelenkt, so daß die Form der Curven keine …eränderte Strömung der Flüssigkeit bezeichnet.

4) Wird das Wasser an mehreren einander nahen Stellen berührt, …o kreuzen sich die Curven, die um die Berührungspunkte entstehen, ohne …ich wechselseitig zu stören, wie dasselbe auch von den Wellen gilt.

5) Die Zahl, die Deutlichkeit und Enge der Curven nimmt mit der …eschwindigkeit des Wassers zu.

6) Die Erscheinung, welche man auf der Oberfläche eines ruhenden …assers dadurch hervorbringen kann, daß man mit der Spitze eines Stäb…hens über dieselbe in geradliniger Richtung hinstreicht, scheint von gleicher …atur mit der vorbetrachteten zu sein.

Zu 1). Daß die Erscheinung merklich nur auf die Oberfläche beschränkt …t, ergiebt sich aus den beiden Umständen, a) daß sie in voller Intensität …nd in constanter Form schon dann entsteht, wenn die Spitze das Wasser … wenig berührt, daß es bloß capillar daran emporgezogen wird; b) daß, …enn man einen langen dünnen Stab horizontal ganz in Wasser taucht, …nd so das eine Ende desselben, welches vertical aufwärts gebogen ist, nur …och ganz wenig von der Oberfläche der Flüssigkeit (unterhalb derselben)

entfernt bleibt, sich nichts von der Erscheinung zeigt, die dagegen sofort mit allen gewöhnlichen Umständen eintritt, wenn die Spitze des Endes die Oberfläche erreicht und nur ganz wenig darüber hervortritt.

Zu 2). Man findet, daß, wenn der Strom durch Wände, welche der Spitze des Stabes mehr oder minder nahe liegen und der allgemeinen Richtung des Stroms parallel sind, begränzt ist, die Erscheinung der Curven auf dieselbe Weise und mit merklich identischen Umständen eintritt, als wenn diese Wände nicht vorhanden wären, oder die Flüssigkeit von unbegränzter Ausdehnung wäre. Die Gefäßwände schneiden bloß die Curven geradezu ab, wo sie dieselben treffen, ohne eine Kreuzung, Ablenkung oder Zurückwerfung derselben zu veranlassen.

Zu 3). Wirft man leichte Körperchen auf die Oberfläche des Stroms da, wo sich die Curven unter dem Einflusse der Spitze eines Stäbchens bilden, so sieht man dieselben genau der allgemeinen Richtung der Strömung folgen, ohne merklich von ihrer Bahn abzuweichen, selbst wenn sie ganz in die Nähe des Stäbchens kommen, und gewissermaßen nur die Theilchen, welche gerade vor die Dicke des Stäbchens gelangen, erfahren eine schwache Ablenkung in der Richtung ihrer Bewegung. — Hat der Körper, welcher die Curven durch sein Eintauchen hervorruft, große Dimensionen, so versteht es sich allerdings von selbst, daß die Flüssigkeitstheilchen in seiner Nähe eine starke Ablenkung erfahren, und dann kann wohl der Fall eintreten, daß die Richtung der Flüssigkeitstheilchen mit der Richtung der Curven bei ihrem Gipfel nahe zusammenfällt.

Zu 5). Die Beobachtung lehrte, daß, wenn die Geschwindigkeit des Wassers im Mittel unter 25 Centimeter in der Secunde betrug, die Erscheinung der Curven auf der Oberfläche nicht wahrgenommen werden konnte, dagegen sie um so deutlicher und minder verlaufend waren, je mehr die Geschwindigkeit wuchs. Zugleich nahm die Zahl der Curven mit Vermehrung der Stromgeschwindigkeit zu, insbesondere in der Nähe der Stelle, wo das Wasser vom Stäbchen berührt ward, so daß die zwischen den Curven enthaltenen Zwischenräume hier immer mehr abnahmen, wobei sich ihr Hervortreten bei weitem nicht in demselben Verhältniß minderte. Endlich näherten sich die Zweige der Curven um so mehr ihrer gemeinschaftlichen, der Stromesrichtung parallelen, Axe, d. h. die Area der Curven verschmälerte sich um so mehr, je mehr die Geschwindigkeit wuchs.

Zu 6). Wenn man mit der feinen Spitze eines Stäbchens über die freie Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit in geradliniger Richtung mit constanter Geschwindigkeit hinfährt, so entsteht eine, den vorbetrachteten ganz ähnliche, Erscheinung, nur mit dem Unterschiede, daß jedesmal bloß eine, ihren Scheitel im Berührungspunkte der Spitze mit dem Wasser habende, Curve sichtbar ist, die, ohne ihre Gestalt zu ändern, der Bewegung des Stäbchens folgt, so daß es fast scheint, als würde die Curve durch dies Stäbchen bloß fortgeschoben.

Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen.

Über ein Mittel, die Geschwindigkeit des Wassers an der eien Oberfläche von Strömungen zu messen, von Poncelet *). Es ist im vorigen Artikel erörtert worden, daß, wenn man die Oberfläche eines fließenden Wassers mit einer feinen Spitze in A Fig. 8 berührt, Curven von der in der Figur beigezeichneten Gestalt entstehen, die sich um so mehr verengern, je größer die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche ist. Wäre nun die Abhängigkeit der Dimensionen der Curven oder nur der innersten Curve, die ihren Scheitel in A hat, von der Geschwindigkeit bekannt, so ließe sich aus den Messungen einiger Coordinaten dieser Curven die Geschwindigkeit berechnen **). Bis jetzt hat man allerdings diese Kenntniß noch nicht; indeß ist wahrscheinlich, daß eine nicht zu schwierige mathematische Analyse zur Bestimmung dieser Abhängigkeit wird führen können, oder daß in Ermangelung derselben vorläufige Versuche mit künstlichen Strömungen von bekannter Geschwindigkeit hierüber würden Bestimmungen an die Hand geben können. Jedenfalls verdient daher dies Mittel Aufmerksamkeit und weitere Verfolgung.

Über Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen, von Raucourt. Raucourt des Charleville hat über die Geschwindigkeit der Newa im Winter 1824 und Sommer 1826 Beobachtungen angestellt, die wie es scheint noch nicht vollständig gedruckt sind. Ein, übrigens ziemlich ungenügender und undeutlicher, Auszug daraus ist im Bull. univ. 1830. mars. p. 176 enthalten; eine etwas bessere, jedoch nach Vergleichung mit dem andern Auszug ebenfalls mehreres Wesentliche übergehende, Übersicht der Resultate gewährt der, von Prony, Girard und Navier der Akademie der Wissenschaften über diese Untersuchungen abgestattete Bericht in den Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 87. Bei dem Nachfolgenden sind beide Auszüge benutzt worden.

Verfahren der Beobachtung. Das Instrument, dessen sich der Verfasser zu seinen Beobachtungen bediente, von ihm Hydrotachymeter genannt, war dem Loch ähnlich, welches zur Messung der Geschwindigkeit der Schiffe gebraucht wird. Dies Instrument ließ sich unter Wasser bis zu einer beliebigen Tiefe versenken. Ein, vom Strom mit fortgenommener, Schwimmer (plongeur) von gleicher Dichtigkeit mit dem Wasser wickelt eine Schnur (ficelle), nicht wie beim Loch von einer sich drehenden Spule, sondern von einem befestigten Kegel ab, dessen Axe sich in der Richtung des Stromes befindet. Dieser, in einem Gehäuse (cage) enthaltene, Kegel hängt an zwei Stricken, mittelst deren er, unter gehöriger Belastung, bis zu beliebiger Tiefe in das Wasser gelassen werden kann,

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 19.

**) Auch die Messung der Abstände zwischen einigen der Curven, welche zunächst um den Berührungspunkt A liegen, könnte hiezu führen.

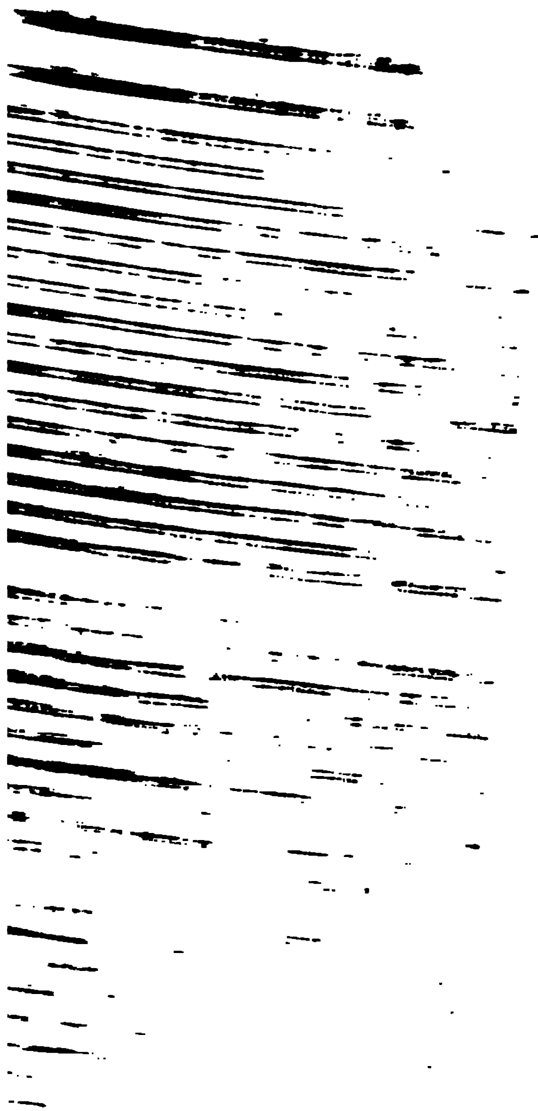
entfernt bleibt, sich nichts von der Erscheinung zeigt, die mit allen gewöhnlichen Umständen eintritt, wenn die Spitz Oberfläche erreicht und nur ganz wenig darüber hervortritt

Zu 2). Man findet, daß, wenn der Strom durch W Spitze des Stabes mehr oder minder nahe liegen und der a tung des Stroms parallel sind, begränzt ist, die Erschein auf dieselbe Weise und mit merklich identischen Umstände wenn diese Wände nicht vorhanden wären, oder die Flüss gränzter Ausdehnung wäre. Die Gefäßwände schneiden geradezu ab, wo sie dieselben treffen, ohne eine Kreuzung, Zurückwerfung derselben zu veranlassen.

Zu 3). Wirft man leichte Körperchen auf die Oberflä da, wo sich die Curven unter dem Einflusse der Spitze bilden, so sieht man dieselben genau der allgemeinen Rich mung folgen, ohne merklich von ihrer Bahn abzuweichen, ganz in die Nähe des Stäbchens kommen, und gewisse Theilchen, welche gerade vor die Dicke des Stäbchens ge eine schwache Ablenkung in der Richtung ihrer Bewegung. – per, welcher die Curven durch sein Eintauchen hervorruft sionen, so versteht es sich allerdings von selbst, daß die Fl in seiner Nähe eine starke Ablenkung erfahren, und dann Fall eintreten, daß die Richtung der Flüssigkeitstheilchen n der Curven bei ihrem Gipfel nahe zusammenfällt.

Zu 5). Die Beobachtung lehrte, daß, wenn die Ge Wassers im Mittel unter 25 Centimeter in der Secunde scheinung der Curven auf der Oberfläche nicht wahrge konnte, dagegen sie um so deutlicher und minder verlaufend die Geschwindigkeit wuchs. Zugleich nahm die Zahl der C mehrung der Stromgeschwindigkeit zu, insbesondere in der wo das Wasser vom Stäbchen berührt ward, so daß die z ven enthaltenen Zwischenräume hier immer mehr abnahm ihr Hervortreten bei weitem nicht in demselben Verhältniß lich näherten sich die Zweige der Curven um so mehr ih lichen, der Stromesrichtung parallelen, Axe, d. h. die verschmälerte sich um so mehr, je mehr die Geschwindigkei

Zu 6). Wenn man mit der feinen Spitze eines St freie Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit in geradlinige constanter Geschwindigkeit hinfährt, so entsteht eine, de ganz ähnliche, Erscheinung, nur mit dem Unterschiede, d eine, ihren Scheitel im Berührungspunkte der Spitze n habende, Curve sichtbar ist, die, ohne ihre Gestalt zu än gung des Stäbchens folgt, so daß es fast scheint, als durch dies Stäbchen bloß fortgeschoben.



und zwar so, daß seine Axe stets horizontal in der Richtung des Stro[ms] bleibt, und daß seine Spitze stromab gekehrt ist. Die beiden Stücke [kön]nen jeder besonders gespannt werden; und je nachdem dies mit dem [einen] oder andern geschieht, ist die Abwickelung der Schnur frei oder [gehemmt]. Die Länge des Schnurtheils, die sich in einer gegebenen Zeit abge[wickelt] hat, dient als Maß der Schnelligkeit des Stroms.

Bei den Beobachtungen im Sommer wurden außer diesem Instr[ument] noch andere angewandt, welche sich auf verschiedene Principien grü[nden] und bei welchen die Geschwindigkeiten mittelst der Beugung oder [Con]traction einer Feder (ressort) oder der Neigung eines Pendels ge[messen] wurden.

Die Winterbeobachtungen wurden angestellt, während der Strom [mit] einer dicken Lage Eis bedeckt war, unter welcher der Fluß wie in [einer] ungeheuren Wasserleitung fließt. Der Ort der Beobachtungen war [ein] Theil des Flusses in Petersburg bei dem Palaste von Tauris, wo [die] Breite des Querschnitts mehr als 900 engl. Fuß und die Tiefe über [...] beträgt. Die Gestalt dieses Querschnitts ist ziemlich regelmäßig, [in]dem die größte Tiefe wenig von der Mitte der Breite entfernt ist. Doch [er]hebt sich die Wand etwas steiler an einem als an dem andern Ufer. Die Sommerbeobachtungen scheinen an derselben Stelle angestellt, wie[wohl] dies nicht besonders angegeben ist. — Die Geschwindigkeiten wurden [im] Winter (durch in das Eis gehauene Löcher) in 7 Verticallinien beobach[]tet, welche in ungefähr gleichen Intervallen in der Breite des Quers[chnitts] vertheilt waren.

Resultate im Winter, bei mit Eis bedecktem Flusse. Das Maximum der Geschwindigkeit fand sich in derjenigen Verticale, welche am Orte der größten Tiefe, die 63 Fuß betrug, befindlich war. Dies Maximum war ungefähr 2 Fuß 7 Zoll in der Secunde und fand ein wenig unterhalb der Mitte dieser Verticale Statt. Bei dem obern Ende derselben war die Geschwindigkeit 1,11 Zoll und bei dem untern Ende 1,65 Zoll. Die Beobachtungen in den übrigen Verticalen boten analoge Resultate dar, indem sich die größte Geschwindigkeit immer in der Mitte oder ein wenig unter der Mitte der Höhe fand. Diese größte Geschwindigkeit, so wie die obern oder untern Geschwindigkeiten, mindern sich aber von einer Verticale zur andern, je mehr man sich dem einen oder andern Ufer des Flusses nähert. An diesen Ufern selbst, d. h. an den beiden Enden des Querschnitts, ist die Geschwindigkeit des Wassers merklich null, indem sich hier das Wasser mit vielem schwammigen Eise gemengt findet. Das allgemeine Mittel aller Geschwindigkeiten des Querschnitts betrug 2 Fuß. Die Wassermasse, die durch dieselbe in 1 Secunde hindurchging, betrug 80000 bis 85000 Cubikfuß.

Raucourt hat gesucht, das Gesetz der Geschwindigkeiten in jeder Verticale durch die Ordinaten eines Ellipsenstücks von geringer Amplitude auszudrücken; was zur leichten empirischen Übersicht zweckmäßig sein kann

wiewohl nach der Bemerkung Navier's sich die Resultate der Beobachtungen auch wohl durch andere Curven würden repräsentiren lassen *).

Übrigens ist sehr erklärlich, warum bei mit Eis bedecktem Flusse sowohl an der Oberfläche, als auf dem Boden die Geschwindigkeit geringer als um die Mitte des Flusses ist, an beiden Orten nämlich erleidet das Wasser eine Verzögerung durch die Reibung an der festen Wand. Diese war, dem angeführten Ergebnisse zufolge, größer an der Eisdecke, als auf dem Boden.

Resultate im Sommer, bei von Eis freier Oberfläche des Flusses. Da in dem vorliegenden Falle keine Reibung des an der Oberfläche fließenden Wassers an einer festen Wand Statt findet, so läßt sich leicht erwarten, daß hierbei bei geringern Tiefen des Wassers die Geschwindigkeit an der Oberfläche am größten sein werde, und bis zum Boden, wo der Einfluß der Reibung am stärksten ist, immer mehr abnehmen. In der That fand der Verfasser, daß da, wo die Tiefe 30 Fuß nicht übersteigt, das Maximum der Geschwindigkeit an der Oberfläche liegt, und daß die Geschwindigkeiten von da bis zum Boden immer mehr abnehmen; so daß man anzunehmen hat, der Einfluß der Reibung am Boden erstrecke sich bis 30 Fuß weit in die Höhe. Ist die Tiefe größer als 30 Fuß, welches die Gränze zu sein scheint, bis wohin sich dieser Einfluß erstreckt, so sollte man erwarten, daß von 30 Fuß Höhe an die Geschwindigkeit bis zur Oberfläche constant wäre; allein die Reibung des an der Oberfläche fließenden Wassers an der Luftschicht, die auf ihm liegt, macht, daß auch bei ruhiger Luft die Oberfläche eine etwas, wiewohl nur wenig, kleinere Geschwindigkeit zeigt, als das Wasser in 30 Fuß Höhe vom Boden; diese Geschwindigkeit nach der Oberfläche zu mindert sich aber noch viel mehr, so daß sie an der Oberfläche selbst fast bis zu der an dem Boden herabkommen kann, wenn ein Wind der Richtung des Stroms entgegenweht; dagegen sie größer wird, als die Geschwindigkeit in 30 Fuß Höhe vom Boden an, wenn der Wind in der Richtung des Stromes bläst.

Der Einfluß des Windes wird minder deutlich bei Tiefen, welche unterhalb der Gränze liegen, bis zu welcher der Einfluß des Bodens reicht. Betrug die Tiefe unter 20 Fuß, so ließ sich dieselbe nur noch schwer wahrnehmen, wenn nicht der Wind sehr stark war.

Hydraulischer Widder. Über einen neuen Bau und die Literatur desselben, von Boquillon, vergl. Dinglers polyt. J. XXXIII. 417.

*) Daß in der That eine Ellipse das Gesetz dieser Erscheinungen nicht genau ausdrücken kann, ergiebt sich aus der mathematischen Beobachtung der Bewegung des durch Canäle oder Röhren fließenden Wassers. Vergl. Navier in Tome VI der Mém. de l'Acad. des scienc. 1822.

X. Gleichgewichtserscheinungen elastischer Flüssigkeiten, Barometer, Luftpumpe.

Über den Gleichgewichtszustand einer elastischen Flüssigkeit, deren Theilchen sich wechselseitig anziehen, von Dallari *).

Gesetzt, in der Welt sei nichts anders gegeben, als eine Masse elastischer Flüssigkeit, deren Theilchen sich nach dem Gravitationsgesetze (directen Verhältnisse der Masse, umgekehrten des Quadrats der Entfernung) anziehen; gesetzt ferner, Druck und correspondirende Zusammenziehung dieser Flüssigkeit seien einander proportional; gesetzt endlich, die Schichten von gleichförmiger Dichtigkeit seien sphärisch und concentrisch; so fragt sich, nach welcher Function des Radius muß sich die Dichtigkeit dieser Schichten ändern, damit die ganze flüssige Masse im Gleichgewicht sei?

Durch mathematische Betrachtungen ergiebt sich folgendes Gesetz:

$$\delta = A e^{\frac{k}{hr}}$$

hierin ist δ die Dichtigkeit einer Schicht, welche dem Radius r entspricht; A der Werth von δ, welcher für einen unendlichen Radius Statt findet; e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen; k und h constante Größen, welche von der Natur der Flüssigkeit abhängen.

Folgerungen aus dieser Formel würden folgende sein:

1) Im Mittelpunkt der concentrischen Schichten ist die Dichtigkeit unendlich.

2) Für einen unendlichen Radius ist sie einer constanten Größe gleich.

3) Je größer der Radius r ist, um so kleiner werden für gleiche Differenzen desselben die Dichtigkeitsdifferenzen.

Über die Daltonsche Theorie **) von Benzenberg. Die von Dalton aufgestellte Hypothese, daß die verschiedenen Gasarten, aus welchen die atmosphärische Luft besteht, gar nicht gegenseitig auf einander drücken, sondern eben so viele, von einander gleichsam unabhängige, Atmosphären bilden, hat bisher bei wenigen Physikern Beifall gefunden, unter welchen sich jedoch Benzenberg durch den unermüdeten Eifer, mit welchem er jene Hypothese seit 20 Jahren in Schutz nimmt, auszeichnet. Namentlich hat er in der d'Aubuissonschen trigonometrisch-barometrischen Messung des Monte Gregorio einen wichtigen Grund für die Daltonsche Hypothese gefunden. Es ist klar, daß die barometrischen Höhenmessungen, wenn die Daltonsche Hypothese wahr ist, anders berechnet werden müssen, als nach der gewöhnlichen Theorie. Bei dem 5260 Fuß hohen Monte Gregorio fand Benzenberg das Resultat der ersten Rechnung um 16 Fuß

*) Ann. de Gergonne, XX. 31.

**) Vergl. darüber Näheres in Gehlers Wörterb. Art. Atmosphäre, S. 188.

einem [illegible] Barometerstande in jener Hypothese nicht eine kleinere, sondern [illegible]ßere Höhe berechnet werden. Für den Monte Gregorio ist dieser Unter[illegible] nicht — 16 Fuß, sondern + 2 Fuß. Bei kleineren Höhen wird der Unterschied sehr nahe dem Quadrat der Höhe proportional. Benzenbergs Unterschiede hingegen sind für kleine Höhen dieser nahe proportional, was allein schon hinreicht, die Unrichtigkeit derselben zu erkennen.

Der Recensent fügt hiezu noch folgende Bemerkungen:

1) Das Resultat, daß der Unterschied der Barometerhöhe in Daltons Hypothese von der auf gewöhnliche Weise berechneten positiv und für mäßige Höhen deren Quadraten nahe proportional wird, ist allgemein und von den angenommenen Werthen der spec. Gewichte der einzelnen Gasarten, aus denen die gemischte Luft besteht, unabhängig. Es würde also vergeblich sein, von andern Werthen dieser spec. Gewichte ein günstigeres Resultat zu erwarten.

2) Schon im Jahre 1807 hat Tralles (Gilb. Ann. XXVII.) eine richtige Darstellung der Barometerhöhen in Daltons Hypothese geliefert, deren Resultat mit dem des Recensenten im Wesentlichen übereinstimmt.

3) In so fern es vergeblich ist, den Unterschied der barometrischen und der trigonometrischen Messung des Monte Gregorio durch Daltons Hypothese heben zu wollen (in welcher er sogar noch um 2 Fuß vergrößert wird), so steht als entschiedene Thatsache fest, daß eine von beiden, oder beide, nicht diejenige Genauigkeit haben, welche ihnen Benzenberg glaubte beilegen zu können. Nach des Recensenten Meinung mögen folgende drei hier in Frage kommende Fehlerquellen ihren Antheil daran haben: 1) das Schwanken der gemessenen Barometerhöhen selbst; 2) die in der Berechnung gebrauchten Constanten, welche Benzenberg auf Biot's Abwägung der atmosphärischen Luft gegründet hatte, und die wohl viel sicherer aus einer zweckmäßigen Benutzung zahlreicher zugleich barometrisch und trigonometrisch gemessener Berghöhen bestimmt werden kann; 3) aber mag auch die trigonometrische Messung des Monte Gregorio selbst ihren Theil zu dem Unterschiede beigetragen haben, in welchem Bezuge der Recensent mehrere Umstände nahmhaft macht, welche die absolute Genauigkeit dieser Messung zu bezweifeln erlauben.

Über das Mariotte'sche Gesetz *). Eine von der franz. Akademie ernannte Commission, bestehend aus den Herren Prony, Arago, Ampère, Girard und Dulong, hat mittelst eines sehr im Großen ausgeführten Apparats, dessen Beschreibung hier zu viel Umständlichkeit mit sich führen würde, die Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes für atmosphärische Luft bis zu Druckkräften von 27 Atmosphären nachgewiesen, indem in keinem Falle der Unterschied zwischen dem beobachteten und berechneten Werthe bis zu $\frac{1}{100}$ stieg, meist nur $\frac{1}{100}$ betrug und in e[illegible]

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 74. oder Schweigg. J. LIX. 107.

llen fast ganz verschwand. Auch nahmen diese Differenzen mit dem uck nicht zu.

Anschwellen thierischer Blase durch Absorption von asen *). Graham stellte zuerst folgenden Versuch an, der nachher von chweigger, Baumgartner und Faust wiederholt und noch mehrh abgeändert worden ist.

Eine fehlerfreie, unverletzte, mit einem Hahne versehene Thierblase rde etwa gegen ⅔ mit Steinkohlengas angefüllt, der Hahn geschlossen d die Blase, in diesem welken Zustand, in eine mit Kohlensäure-Gase füllte, über Wasser aufgestellte, Glasglocke emporsteigen gelassen. Die lase befand sich mithin in einer feuchten Atmosphäre von Kohlensäurees. Nach Verlauf von 12 Stunden wurde die Blase, anstatt so welk sein wie anfangs, vielmehr auf das Äußerste ausgedehnt gefunden, so ß sie auf dem Punkte stand zu bersten, während der größte Theil des ohlensäure-Gases aus dem Recipienten verschwunden war. Wirklich zerß die Blase am Halse, indem sie unter der Glocke hervorgezogen wurde. s zeigte sich, daß sie 35 pr. C. Kohlensäure (nach Volumtheilen) entelt. Die Substanz der Blase roch ganz frisch und schien keine Verändeng erlitten zu haben. Das Kohlensäure-Gas, welches außerhalb der lase in der Glocke zurückgeblieben, zeigte einen geringen Gehalt von ohlengas.

In einem zweiten Versuche, wo die Blase etwas weniger Kohlengas thielt, und auf ähnliche Weise in eine Atmosphäre von Kohlensäure-Gas bracht wurde, war sie nach 15 Stunden völlig aufgeblasen, und es erab sich, daß sie 40 pr. C. Kohlensäure-Gas aufgenommen hatte. Nur ne ganz geringe Menge Kohlengas war dabei, wie zuvor, aus der Blase twichen.

Übrigens beschränkt sich diese Eigenschaft nicht bloß auf das Kohlengas. Eine dicht verschlossene, zur Hälfte mit gewöhnlicher Luft angefüllte, Blase ward in gleicher Weise, nach Verlauf von 24 Stunden, völlig aufgeblasen gefunden; und nach Faust geschahe, als statt Kohlengas oder atmosphärischer Luft Wasserstoffgas die Blase füllte, eine so schnelle und bedeutende Anschwellung, daß die Blase schon nach 2 Stunden platzte.

Wurde die mit Kohlengas gefüllte Blase in atmosphärische Luft gebracht, so erfolgte nicht die geringste Anschwellung.

Die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinungen scheint sich auf Folgendes zurückführen zu lassen.

Gesetzt eine Flüssigkeit (das in den porösen Blasenwänden enthaltene Wasser) stände, während sie einerseits ein nicht absorbirbartes Gas a (Koh-

*) Graham in Quaterly Journ. of Sc. New Series. No. XI. oder Schweigg. J. LVII. 227; oder Pogg. Ann. 1829. Nr. 10. S. 347. — Schweigger in Schweigg. J. LVII. 229. — Baumgartner in Baumg. Zeitschr. VIII. 9. — Faust in Americ. J. of the Med. Sc. nov. 1830. oder Fror. Not. 1831. Nr. 8. es XXX. Bandes S. 117.

lengas) absperrte, andererseits mit einer Atmosphäre eines absorbirbaren Gases b (kohlensaures Gas) in Berührung, so daß die Communication beider Gasarten nur durch die Flüssigkeit vermittelt würde.

Das Gas b wird absorbirt werden, und solchergestalt mit dem Raume, der das fremde Gas a enthält, und der für dieses nach Dalton's Gesetz *) ein leerer ist, in Berührung kommen; mithin wird von dem Gase b, das die Flüssigkeit aufgenommen hat, ein gewisser Antheil in das Gas a sich hineinverbreiten; gerade wie dies der Fall sein würde, wenn man die mit dem Gase geschwängerte Flüssigkeit in den leeren Raum brächte. Der Verlust an absorbirtem Gase, den die Flüssigkeit hiedurch erleidet, wird aber sofort von Außen wieder ersetzt, so daß solchergestalt dem innern Gase a immer neues Gas b zugeführt werden muß, so lange, bis Gleichgewicht zwischen dem absorbirten und dem auswendigen Gase b eingetreten ist. Die Flüssigkeit wirkt hiebei gewissermaßen als Ventil, indem sie dem äußern absorbirten Gase zwar den Zutritt zu dem innern, aber nicht umgekehrt dem innern, der Absorption widerstehenden, Gase den Zutritt zu dem äußern Gase verstattet.

Umstände, welche diese Erklärung unterstützen, sind, daß nach Baumgartner's Versuchen die Erscheinung auch erfolgt, wenn dem Wasser, welches zur Befeuchtung der Blase dient, eine andere Flüssigkeit substituirt wird, die das äußere Gas zu absorbiren vermag, so, wenn man die Blase, mit Weingeist befeuchtet, in kohlensaures Gas bringt **); nicht aber, wenn man sie mit einer Flüssigkeit, welche keine Absorption äußert, einreibt, wie mit Baumöl oder Anisöl; ferner, daß die Erscheinung auch erfolgt, wenn man dem kohlensauren Gase ein anderes Gas substituirt, was von der, die Blase befeuchtenden, Flüssigkeit absorbirt werden kann, wie Schwefelwasserstoffgas ***) bei Anwendung von Wasser zur Befeuchtung; ferner, daß eine ganz ausgetrocknete Blase in trocknem kohlensauren Gase gar nicht anschwillt ****); endlich, daß, wenn man eine Blase, die von eingesaugtem kohlensauren Gase ganz erfüllt und dem Platzen nahe ist, in atmosphärische Luft bringt und ihre Feuchtigkeit durch öfteres Betropfen

*) Gehler's Wört. I. 52.

**) Doch bemerkt Baumgartner, die Wirkung habe ihm nicht rascher vor sich zu gehen geschienen, als mit Wasser, wiewohl der Weingeist nach Saussure ein größeres Absorptionsvermögen für kohlensaures Gas zeigt, als dieses, woran vielleicht die geringere Capillarkraft der Blase gegen den Weingeist Schuld sein mag.

***) Das Anschwellen der Blase schien hier sogar noch schneller bemerkbar zu werden, als in kohlensaurem Gas.

****) Trockne Blasen sind allerdings für Gasarten permeabel (daher man eine Gasart nicht längere Zeit in einer Blase in der Luft aufbewahrt halten kann, ohne sie nach einiger Zeit mit Luft gemengt zu finden); aber weil hier sowohl das innere als das äußere Gas den Weg durch die Blasenwand findet, so erfolgt kein Anschwellen der Blase.

, sie in kurzem wieder zusammensinkt, und das Vo-
... sie vor dem ersten Versuch hatte *).

ie andere Umstände folgen, die Baumgartner durch
..rsuche über diesen Gegenstand festgestellt hat. Das
stets Luft, das äußere Kohlensäure.

..ig, eine ganze Blase anzuwenden, sondern man kann
der Erscheinung auch überzeugen, wenn man ein glä-
Mündung mit einer (feuchten) Blase luftdicht über-
nen Recipienten mit kohlensaurem Gas stellt. Sehr
$\frac{1}{2}$ Stunde, erkennt man aus der converen Wölbung
Absorption Statt gefunden.

..nz ausgetrocknete Blase in trocknem kohlensauren Gase
so wirkt doch andererseits auch eine tropfnasse Blase
ine bloß oberflächlich befeuchtete.

erfolgt in ganz gleichem Grade, mag man die Blase
..estalt oder, das Innere nach Außen gekehrt, brauchen.
..se der Fische zeigt sich bei den in Rede stehenden Ver-
..her als eine Schweinsblase, sie mag die ursprüngliche
..h enthalten oder nur zum Theil, sich im natürlichen
..r geschält sein. An einem zu einem Beutel zusam-
en Häutchen aus einem Hühnerei dagegen ließ sich
..n keine Spur eines Anschwellens bemerken. Auch bei
weiß gegerbten Leders zeigte sich keine Anschwellung,
nachgewiesen ward, durch dieses die Luft sowohl als
Weg findet.

es Gases in der Blase nimmt während der Absorption
..n eine solche Zunahme nur durch das Wollastonsche
deutlich bemerklich machen kann, unstreitig weil die
.. Drucke nachgeben.

..schon so viel kohlensaures Gas aufgenommen hat, als
..leichgewichts mit dem Gas des Recipienten nöthig
noch Schwefelwasserstoffgas aufzunehmen, falls sie
..öthige Festigkeit hat **).

..er angegebenen Erklärung minder gut zu stimmen scheint,
..ngen, ist, daß nach Faust's Versuchen eine, Stickgas
..se in Wasserstoffgas gebracht, anschwillt, oder eine, mit
..lase in Stickgas gebracht, sich beträchtlich entleert, da
..gas als Stickgas sehr wenig und beide ziemlich gleich
.. sind (das Wasserstoffgas jedoch ein wenig mehr als das

..r führt in diesem Bezuge folgende Erfahrung an: 4 Fisch-
..r dem Versuche halb ausgeleert und abgeschält, die drei
in eine Kohlensäureatmosphäre gebracht wurden, nahmen
.. auf, daß sie strotzend voll waren. Als dieses geschehen
..ohlensauren Gase im Recipienten Schwefelwasserstoffgas

Eine Blase kann selbst dadurch zum Aufschwellen gebracht werden, daß man sie in eine mit kohlensaurem Gase geschwängerte Flüssigkeit taucht, so daß kein freies kohlensaures Gas dabei ins Spiel kommt *).

Schließlich führt Baumgartner noch einige Versuche an, bei welchen er numerische Data zur Bestätigung der obigen Theorie zu erlangen suchte. Es sind folgende:

Ein kleines gläsernes cylindrisches Gefäß wurde mit einem Gemenge von atmosphärischer Luft und kohlensaurem Gas angefüllt, ein Stück von einer gut erhaltenen, geschmeidigen Schweinsblase zu einem schlaffen Beutel luftdicht zusammengebunden, mit Wasser angefeuchtet, und in jenem Gefäße aufgehängt, das Gefäß selbst aber mit Quecksilber gesperrt, und in dieser Lage 48 Stunden gelassen. Während dieser Zeit war die Blase bedeutend angeschwollen. Nach Verlauf derselben wurde sowohl der Inhalt der Blase als jener des Gefäßes, nachdem die Blase herausgenommen war, genau gemessen, auf geeignete Weise chemisch untersucht, und folgende Resultate bei 16° C. nach der Reduction auf einen Luftdruck von 28 Wiener Zoll gefunden:

Es enthielt:

das Gefäß	10,6	Cub. Centim. atm. Luft,	28,98	Cub. Centim. kohlens. Gas,
die Blase	6,0	„ „ „	20,25	„ „ „

Zum Bestehen des Gleichgewichtes wird erfordert, daß das im Gefäße und das in der Blase enthaltene kohlensaure Gas dieselbe Expansivkraft habe. Nimmt man die Spannkraft der Luft bei der Temperatur 16° C. und einem Luftdruck von 28 Wiener Zoll als Einheit an, so ist die des kohlensauren Gases im Gefäße = 0,7322, die desselben Gases in der Blase = 0,7710, mithin nahe der ersteren gleich.

Bei einem zweiten Versuche wurde auf gleiche Weise verfahren, nur blieb die Blase drei Tage lang in der Gasatmosphäre. Das Resultat dieses Versuches war folgendes:

Es enthielt:

das Gefäß	10,88	Cub. Centim. atmosph. Luft,	68,12	Kohlensäure,
die Blase	4,95	„ „ „ „	28,09	„

Wird wieder obige Einheit der Expansivkraft angenommen, so ist die

gelassen. Die Blasen schwollen zusehends an, hatten nach 6 Stunden mehr als das Doppelte ihres natürlichen Volumens angenommen und am folgenden Tage waren sie alle zerplatzt.

*) In diesem Bezuge theilt Baumgartner folgenden Versuch mit: Es wurde eine Flasche mit engem Halse mit Biliner Sauerbrunnen gefüllt und eine, nur wenig atmosphärische Luft enthaltende, gut zugebundene, Blase in die Flasche gebracht, und durch eine besondere Beschwerung ganz unter Wasser erhalten. Nach 4 Tagen zeigte sich die Blase zwar nicht strotzend, aber doch so voll, daß sie sich durch den ziemlich engen Hals der Flasche nicht mehr herausbringen ließ, wiewohl weder eine so große Änderung des Luftdrucks noch der Temperatur eingetreten war, um das Anschwellen hievon ableiten zu können.

Expansivkraft des kohlensauren Gases im Gefäße = 0,8623, in der Blase = 0,8512.

Was an der Gleichheit der beiden Verhältnisse fehlt, rührt ohne Zweifel von unvermeidlichen Beobachtungsfehlern her, indem beim ersten Versuche die Expansivkraft des Gases in der Blase größer erscheint als die im Gefäße, beim zweiten hingegen das Umgekehrte Statt findet.

Barometer.

Differenzialbarometer von Wollaston *). Das Instrument, welches hier beschrieben werden soll, hatte ursprünglich die Bestimmung, die Kraft anzugeben, mit welcher die Luft in Kaminen verschiedener Art aufsteigt; weil es aber tauglich ist, überhaupt sehr geringe Unterschiede im barometrischen Druck erkennbar und mit beträchtlicher Genauigkeit meßbar zu machen, so dürfte es auch viele andere nützliche Anwendungen erfahren können.

Das Instrument besteht aus einer Glasröhre von wenigstens ¼ Zoll Durchmesser im Lichten, die in der Mitte gebogen ist, so daß sie die Form eines umgekehrten Hebers mit parallelen Schenkeln besitzt. (Fig. 12.) Die Enden derselben sind in den Boden zweier durch eine Scheidewand getrennter Behälter, jeder von ungefähr 2 Zoll im Durchmesser, eingekittet. Der eine dieser Behälter ist überall geschlossen, bis auf eine kleine offene Röhre, die oben in eine Seitenwand horizontal eingesetzt ist; der andere aber bleibt offen.

In dies so construirte Gefäß wird erstlich etwas Wasser gegossen, so daß es in dem untern Theile der Glasröhre eine Höhe von 2 bis 3 Zoll einnimmt; dann gießt man in jeden Behälter ein gleiches Maß Öl, so daß dieses den obern Theil beider Schenkel der Röhre füllt, und noch in jedem Behälter eine Höhe von ungefähr ½ Zoll einnimmt.

Wenn das Wasser in beiden Schenkeln im Niveau steht, oder wenn man es durch Abgleichung des Drucks der darauf ruhenden Ölsäulen ins Niveau gebracht hat, so ist das Instrument zum Gebrauche fertig.

Wenn man nun die horizontale Röhre des geschlossenen Behälters in das Schlüsselloch einer Thür oder in irgend eine Öffnung steckt, durch welche die Luft in Folge des größern Drucks von außen einzubringen vermag, so wird der Druck auf die Oberfläche des Öls in diesem Behälter das Wasser in dem zugehörigen Schenkel hinabdrücken, und in dem andern heben, bis dadurch dem Überschuß des Drucks der äußeren Luft über die im Zimmer das Gleichgewicht gehalten wird.

Es ist indeß nicht das ganze Gewicht der gehobenen Wassersäule, welches hier als Gegengewicht wirkt; vielmehr wird dieses durch eine gleiche Verlängerung der Ölsäule auf Seite des hinabgedrückten Niveaus theilweise

*) Philos. transact. f. 1829. p. 133, oder Edinb. phil. J. 1829. april., oder Pogg. XVI. S. 118, oder Baumgartner's Zeitschr. VI. 484.

... kann selbst dadurch zum ... mit kohlensaurem Gase ... kohlensaures Gas dabei ...

... führt Baumgartner ... zur Bestätigung ... sind folgende:

Ein kleines gläsernes cylindrisches ... atmosphärischer Luft und kohlensaurer ... einer gut erhaltenen, geschmeidigen ... zusammengebunden, mit Wasser ... aufgehängt, das Gefäß selbst ... Lage 48 Stunden gelassen. ... in ... Lage in ... anzuschwellen. Nach Verlauf ... in die Höhe und ... als jener des Gefäßes, ... auf geeignete Weise ... ein wenig abändert, ... bei 100° C. nach der ... Theil eines jeden ein ... einsetzt, kann man daraus ...

... Centim. ...

... Laboratorium Heft 23. Taf. ... folgender Luftpumpen: ... Dunn's ... Hahnluftpumpe ... Philosophy ...

… schwer, mit einer auf
…rdünnung weit genug zu
…n für die Dauer luftdicht zu
…chlusse stets nöthige Öl durch
…gegen wirkt.
…, welche von den letzteren Män-
…Robertson's Luftpumpe, die
…ppe bewegt werden, und der Schluß
… kaum möglich, ersteres auf eine
…Kemp thut, denn die ganze Vor-
…besteht darin, daß er sogenannte
…schließen und öffnen, so wie die Flüs-
…eder sinkt. Die dazu verwendete Flüs-
…überdies alle Sorge benimmt, daß etwa
…Einfluß auf die Luftverdünnung ausüben

…e Luftpumpe vor, und zwar erstere in der
…Durchschnitte. Gleiche Buchstaben bedeuten
…Das hölzerne Gestelle IKXW hat drei hori-
…D und IW. Ganz unten befinden sich die zwei
…ie von Eisen sein müssen, damit sie vom Queck-
…ssen. Die Kolbenstangen V, V gehen durch alle
…en oben in gezähnte Fortsetzungen über, welche
…selben mittelst eines Getriebes D und einer Kur-
…ern Theil der Stiefel geht jede Stange durch eine
…erbüchse. Die oberste Querwand IW enthält den
…en, und unter diesem befinden sich zwei Gefäße G
…uftpumpe besonders charakterisiren, und als Hülfs-
…den müssen. Sie mögen Verdünnungsgefäße
…ben einen trichterförmigen Aufsatz mit einem Ventil,
…nach Außen öffnet, und stehen sowohl mit dem Teller
…Stiefeln in Communication, und zwar auf folgende
…ieser Gefäße befindet sich eine Röhre, die der ganzen
…dasselbe geht, und sich nahe am Boden desselben endet,
…einem Schwimmventil M versehen ist, das sich durch einen
…nach oben schließt. Diese beiden Röhren HH laufen
…Höhe, bevor sie sich in den Teller einmünden, in eine ein-
…und durch sie stehen die Gefäße mit dem Teller in Com-
…Verbindung dieser Gefäße mit den Stiefeln ist durch die
…und E hergestellt. P verbindet den obern Theil des Stie-
…em untern des Gefäßes G, und eben so setzt N den obern
…Stiefels B mit dem untern des Gefäßes F in Communication.
…E (Fig. 13) vermittelt die Verbindung des untern Theiles des
…mit dem untern des Gefäßes F, und dasselbe thut eine ähnliche

aufgehoben, so daß der ausgeübte Druck nur dem g
Unterschiede der gehobenen Wassersäule mit einer glei
steht; im Fall man Olivenöl anwendet, beträgt er 1
baren Erhebung, und mithin werden alsdann die B
ments 11 Mal größer sein, als bei alleiniger Anwen

Sollte zu irgend einem Zwecke eine größere E
struments erfoderlich sein, so kann man sie ihm da
dem Wasser eine beliebige Menge Alkohol zusetzt, b
Gewichts über das des Öls bis auf $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{30}$ od
neren Bruch zurückgeführt ist. Bringt man den 2
Stärke des Probeweingeistes (der seinen Namen v
Probe erhalten zu haben scheint), so bleibt er in
und, wenn man ihn noch weiter verdünnt, steigt er
das Öl in die Biegung hinabsinken.

Wenn man die Form des Instruments ein we
die Behälter beide verschließt, und in den obern Th
seitwärts trompetenartig erweiternde Röhre einsetz
auch als Anemometer gebrauchen.

Luftpumpe.

Verschiedene Luftpumpen. Im Laborator
findet sich eine Abbildung und Beschreibung folgen
wöhnliche Luftpumpe, Cuthbertson's Luftpumpe
Luftpumpe, Hare's Luftpumpe mit gläsernen Sti
Ritchie's Luftpumpe ohne künstliche Ventile. —
zwei doppelt wirkenden Stiefeln, die Partingto
1828 herausgegebenen Manual of natural and ex
I. 109 beschrieben hat, und die sich besonders zu sch
empfiehlt, findet man neuerdings in Baumg. Zeitsch

Neue Luftpumpe von Kemp*). Die gew
pen setzen, sobald die durch sie bewirkte Luftverdünn
erreicht hat, dem weiteren Fortschreiten derselben da
beim Aufziehen des Kolbens keine Luft mehr aus
Stiefel treten kann, weil die bereits zwischen dem
felboden befindliche Luft bei der größten Erweiteru
raumes noch so viel Expansivkraft hat, als die in
Luftpumpen unterliegen zwar nicht diesem, aber ei
welches davon herrührt, daß die bis zu einem ge
Luft die Klappe nicht mehr zu öffnen vermag. Cu
durch eine besondere mechanische Verrichtung abgel
bei jedem Kolbenzug das Ventil zugleich mit dem K
daß die Luft dieser Verrichtung ganz überhoben ist.

*) Edinb. Journ. N. VIII. p. 86. oder Baumg. und

Reich

aller

Linien

nfziehen
bis auf
ung zu
urch die
it, weil
Kugle im
herausge-
lernen ist,
silber eine
ther durch
m also die
bis es zum
inzubringen
h b, durch
Quecksilber

in der Zeichnung [illegible] A wird die auf d[illegible]
fels B und dem Gefäß G. [illegible] Röhre h h [illegible]

Um nun die Wirkung [illegible] gelangen können.
Kolben R des Stiefels A [illegible] Luft herausz[illegible]
fels B am untersten [illegible] das einströmende
ersterer Kolben herab[illegible] Luft durch die
nebst E, und der [illegible] Verfahrens wird
der dazu gehörigen [illegible] herausbringen, [illegible]
ter G enthalten [illegible] Luftpumpe

So wie der [illegible] vertritt das Heben un[illegible]
nach F, und daß [illegible] Stelle des Kolbens,
dem Kolben und [illegible] bald der heraustreten
hebt sich das [illegible] wirkt es anstatt der Hä[illegible]
es wird [illegible] sowohl mechanischen
[illegible]

[illegible] um, [illegible] der Wirkung geht [illegible]
[illegible] und die Röhren über
[illegible] das Quecksilber nicht übe[illegible]
Recipienten [illegible] werden könnte, würde ge[illegible]
[illegible] Kugel a sich des Quecksilbers
[illegible] auch würde die Röhre g nic[illegible]
[illegible] die Röhre gg nicht 28 Zoll
[illegible] Eindringens des Quecksilbers
[illegible] Luftverdünnung unter
[illegible] Röhre in die Glocke überla[illegible]
[illegible] 28 Zoll lang wäre, so w[illegible]
[illegible] Kugel a das von der äu[illegible]
[illegible] in die Kugel und hinter

[illegible] Luft in die Glocke nach
[illegible] Hahns. Das
[illegible]
[illegible] durch das Queck[illegible]
[illegible] aber nicht zufälliger
[illegible] die letztere [illegible]
[illegible]
[illegible] bis das Ende
[illegible] aber würde
[illegible] Luft des
[illegible]

[illegible] Expansion des [illegible]

[illegible]
[illegible] Entzündung

[illegible] wurde nach einander mit [illegible] Reinheit [illegible], und, [illegible] auf ein [illegible] gelegt, mit [illegible] (wie Fig. 19), wenn das [illegible] [illegible]arische Luft, und mit abwärts [illegible] das Gas im Innern leichter war [illegible], aus dem Recipienten zu entw[illegible] [illegible]en. Nachdem man dem Gase eine [illegible] dem Recipienten durch die Röhre in [illegible] Recipient in eine pneumatische Wanne [illegible] von Außen eingedrungenen Luft und [illegible] bestimmt. Zwei bis dreimal, und bis[illegible] [illegible]che mit jedem einzelnen Gase wiederholt, [illegible] oder doch nur innerhalb beschränkter [illegible] [illegible]end gefunden.

[illegible] **der Verbreitung verschiedener** [illegible] **[illegible]arischer Luft.** Eine Flasche A (Fig. [illegible], die mit einem durchbohrten Korke ver[illegible] [illegible] Gase gefüllt, die Flasche mit der Mün[illegible] [illegible]röhre von 0,12 im Lichten durch den [illegible] schnell in den durchbohrten Kork einer a[illegible] welche 37 Cub. Zoll faßte und mit dem a[illegible] [illegible] Ganze wurde hierauf so tief in Wasser [illegible] [illegible] Wassers aa (Fig. 21) über die Fugen [illegible] gewissen Zeit wurde die obere Flasche [illegible] geprüft.

[illegible]taten. Zu 1). Nach 10stündiger Verbre[illegible] [illegible]ung A) wurde in dem 150 Theile fass[illegible]

.	(von	0,0694	spec.	Gew.)	8,3	Th.
[illegible]gas	(=	0,5555	=	=)	56	=
.	(=	0,9027	=	=)	61	
.	(	9,9722	=	=)	72,5	=
	(.	1,5277	=	=)	79,5	=
	(	2,2222	.	=)	81	.
.	(.	2,5	=	=)	91	=

...stündiger Verbreitung durch dieselbe Röhre wurden . . . 152

	gefunden	waren folglich entwichen
...asserstoffgas	28,1	123,9
...ampf-Kohlenwasserstoffgas	86	66
...mmoniakgas	89	63
...bildendes Gas	99	53
...hlensäuregas	104	48
...hwefeligsaures Gas	110	42
...orgas	116	36

...nn man aus diesen Tafeln die relative Verbreitungsfähigkeit der ...leiten will, darf man das abnehmende Verhältniß der später aus ...ipienten strömenden Antheile dieser Gase nicht außer Acht lassen.

...). Diesen Satz versichert Graham am ölbildenden Gase bewährt ..., ohne jedoch nähere Belege anzuführen.

...). Der Einfluß der Schwere der Gase kann nach einem Versuche ...erstoffgas beurtheilt werden. Der mit Wasserstoffgas gefüllte Re...urde, statt horizontal gelegt, aufrecht gestellt. Bei übrigens glei...änden, wie in dem in der vorhinangeführten Tabelle verzeichneten ...wurden von 150 Theilen Wasserstoffgas nach 10stündiger Verbrei... 22,1 Theile im Recipienten gefunden, anstatt 8,5 Theile, wie in ...m Versuche.

...). Graham versichert diesen Satz durch mehr als 40 mit ver... Gasgemischen angestellte Versuche bestätigt gefunden zu haben, ...r zwei, mit Mischung aus ölbildendem Gase und Wasserstoffgase ...n mögen, bei deren einem die Verbreitung in atmosphärische Luft, ...ndern in kohlensaures Gas geschahe.

...Der Recipient der Vorrichtung I. wurde mit 75 Volumentheilen ...f und 75 Volumentheilen ölbildendem Gase gefüllt, gut umge...nd 24 Stunden lang über Wasser hingestellt, um eine möglichst ...ne Mischung zu erzielen. Der Recipient wurde sodann in die ...e Lage gebracht, und den gemischten Gasen 10 Stunden lang ... sich in die Luft zu verbreiten. Hiernach fand sich, daß der Re...thielt:

Wasserstoffgas	3,5
Ölbildendes Gas	56,6
Luft	89,9
	150

...aren entwichen

Wasserstoffgas	71,5 von 75 Th.
Ölbildendes Gas	18,4 von 75 „

...diffusibelere Gas hatte sich mithin von dem andern getrennt und ...größten Theil entwichen.

deren Kaliber 0,07 oder beinahe $\frac{1}{14,3}$ Zoll
rechtwinkelig gebogen war, wie in C zu [illegible]
nen der Röhre A; nach mehreren Vers[illegible]
Seite gelegt, und eine zweite grö[illegible]
und 2 Zoll Länge in die Öffnung [illegible]
und (wie die Röhre C) in der Mitte [illegible]

Der so eben beschriebene [illegible]
denen Gasen im Zustande vollkom[illegible]
Futteral eingeschlossen, horizon[illegible] ... [illegible] 2
gerichteterem Ende der [illegible]
befindliche Gas schwerer als [illegible] ... mit einer innigen Mis[illegible]
terem Ende dieser Röhre, [illegible] ... [illegible]rstoffgase, die Flasche
Luft, um dem Streben [illegible] ... [illegible] beschriebene Anordnung
auf keine Weise Versch[illegible] ... [illegible] Flasche weggenommen
Zeit lang gestattet hatte, [illegible] ... [illegible] ein Gemisch von
Luft zu verbreiten, [illegible] ... 22
bracht, und [illegible] ... 3,1
darin zurück[illegible] ... [illegible] noch reiner erhalten werden [illegible]
noch öfter, wurden [illegible] ... [illegible] nicht sehr verhindert werden
die Resultate ganz [illegible] ... [illegible] welcher sie Statt finden müss[illegible]
gen (moderate [illegible] ... [illegible] es sich verbreitete.

II. [illegible] ... [illegible] hinzu, betreffend Mischungen
in [illegible] ... [illegible]bildendem Gas und Kohlenwasser[illegible]
[illegible] ... [illegible]wasserstoffgas.

[illegible] aus letzteren Gasarten, mit kohlen[illegible]
[illegible]saurem Gas, zieht er den Schluß,
[illegible]ungsfähigkeit der Gase wegen [illegible]
[illegible] bis zu einem ziemlichen Grade [illegible]
[illegible] keine chemischen Hülfsmittel [illegible]
[illegible] Mischung aus [illegible]
[illegible] zu trennen. Man [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] Verbreitung würde eine
[illegible] Kohlenwasserstoff[illegible]
[illegible] Durch Verbreitung dieser drit[illegible]

Theile des ersten gegen 1 Theil des zweiten

u.

... zwei Versuche mitgetheilt werden:

...cipient war mit einer Mischung von 2 Theilen Wasser... mit Sauerstoff auf ¾ angefüllt worden; dies Gemisch blieb ...lang stehen, wurde aber vor Anstellung des Versuchs noch ganz ... Als ein wenig Äther in diese Mischung eingebracht wurde, ... jenes Gasgemisch plötzlich aus. Die erste, durch die Ausdeh... dem Recipienten herausgetriebene, Gasblase wurde aufgefangen, ... Waschen von Ätherdampf befreit und explodirt; sie ließ die Hälfte ... Volums an reinem Wasserstoffgase zurück.

Drei Unzen wäßerigen Alkohols (von 0,964 spec. Gewicht) wurden, ...einem 2 Zoll tiefen Cylinder, und die nämliche Quantität Alkohols in ...m 6 Zoll tiefen, im übrigen aber ganz ähnlichen, Gefäße, der freiwil... Verdunstung überlassen, wobei die Mündungen beider Gefäße nur ... lose mit Papier bedeckt waren. Als beide Gefäße ¼ Unze durch Ver...stung verloren hatte, ergab sich bei Prüfung der rückständigen Flüssig... daß die im tieferen Gefäße befindliche eine merklich größere Menge ...hol enthielt, als die im minder tiefen.

Anemometer.

Folgendes Anemometer rührt von Lind *) her. Es besteht aus einem ...gekehrten Heber, dessen Enden horizontal nach zwei entgegengesetzten ...chtungen gebogen sind. Füllt man den Heber zum Theil mit Wasser ...d stellt ihn mit einem seiner Enden gegen den Luftstrom, so wird der ...ruck des letztern das Wasser in dem einen Schenkel niederdrücken, bis ...ne Kraft durch die größere Höhe des Wassers im andern Schenkel im ...leichgewicht gehalten wird, und der Unterschied beider Säulen dient zum ...aß der Kraft des Windes.

Wendet man bei Lind's Instrumente eine Flüssigkeit an, die leichter ...s Wasser ist, so wird es auch in demselben Maße empfindlicher; allein ...ne Erhöhung der Empfindlichkeit auf diesem Wege findet begreiflich bald ...re natürlichen Gränzen, da die leichtesten bekannten Flüssigkeiten doch im...er noch ungefähr ⅔ Mal so schwer als Wasser sind. Dagegen wird man ...urch Anwendung des Wollastonschen Differenzialbarometers auf die S. 116 ...ngegebene Weise ein Anemometer von beliebiger Empfindlichkeit erhalten ...önnen.

Instrument zur Bestimmung der Luftmenge, welche einer ...euerstelle während des Verbrennens zuströmt, von F. Frey **).

Dieses Instrument hat viele Ähnlichkeit mit dem Woltmannschen Wind...

*) Pogg. XVI. 622.
**) Bull. de la soc. indust. de Mulhausen. No. 9. p. 337, oder Baumg. ... VII. 499.

flügel. Es besteht aus einer kupfernen Röhre, in welcher sich ein [illegible] Rad mit schief gestellten Windflügeln befindet, wie man sie oft an [illegible] Fenstern angebracht sieht. An der Welle dieses Rades [illegible] Getriebe mit 5 Stäben, in welches ein horizontales Rad mit 50 [illegible] eingreift, an dessen Axe außerhalb der Röhre sich ein Zeiger befindet, [illegible] über einer getheilten Platte spielt. Unter diesem Zeiger, und zwar [illegible] derselben Axe, befindet sich ein anderes Getriebe, das ebenfalls 5 [illegible] hat, und dieses greift in ein Rad mit 50 Zähnen ein, an dessen Axe [illegible] zweiter Zeiger steckt. Dieser steht auf ähnliche Weise mit einem [illegible] Rade in Verbindung, das wieder einen Zeiger an seiner Welle hat. [illegible] ganze Apparat besteht demnach aus einem Windflügel und der zum [illegible] len der Umdrehungen desselben nöthigen Einrichtung. Einer der [illegible] nannten Zeiger macht während einer Umdrehung des Flügelrades [illegible] drehungen, der andere 100, der dritte 1000.

Um dieses Instrument zum genannten Zwecke brauchen zu können, [illegible] vor allem nothwendig, daß man die Anzahl der Umdrehungen des Flü[illegible] kennt, während eine bestimmte Gasmenge an demselben vorbeigeht, [illegible] man den Versuch führt. Frey nahm zu diesem Ende eine hölzerne, [illegible] geschlossene, unten offene Kiste, die ½ Cubikmeter faßte. Am obern [illegible] war eine rechtwinkelige gebogene Röhre aus Weißblech angebr[illegible] [illegible] horizontalen Arm die Röhre des Luftstrommessers angeb[illegible] werden konnte. Diese Kiste wurde wie ein Gasometer über einem [illegible] mit Wasser gefüllten größeren aufgehängt, und mit größerer [illegible] Geschwindigkeit in dieselbe mittelst einer Kurbelvorrichtung ein[illegible] [illegible] Die beim Einsenken aus dem Gasometer vertriebene Luft mu[illegible] [illegible] Luftstrommesser vorbeigehen, und den Windflügel in Bewegung setzen. [illegible] man, wie viele Umdrehungen der letztere in einer gewissen [illegible] die aus dem Gasometer entweichende Luftmenge mache. Die [illegible] daß bei einer mäßigen Geschwindigkeit dieselbe Luftmasse [illegible] dieselbe Anzahl Umdrehungen zu wege bringt. Bei einem [illegible] Windrad 34 gerade, unter 45° geneigte, Flügel hatte, [illegible] 100 Liter Luft 154,8 Umdrehungen, es mochte diese Luft [illegible] in jeder längeren Zeit bis auf 30" ausströmen. An einem [illegible] mit 8 kürzeren, aber breiteren, und um 50° geneigten [illegible] 100 Liter Luft 107,686 Umdrehungen. Demnach ent[illegible] Umdrehungen des Windflügels beim ersteren Instrumente [illegible], beim zweiten 928,62 Liter Luft.

[illegible] Instrument am Zugloche eines Windofens an, so [illegible] einströmende Luftmenge. Wird es am Kamine angebracht, [illegible] ausströmende Luft an.

[illegible] Luftstrommesser an dem Windloche eines Ofens, wo in [illegible] Temperatur beabsichtiget war, angebracht wurde, [illegible] gleich nachdem Feuer gemacht war, in 120 M. [illegible] Umdrehungen, in den folgenden 150 M. stieg die Zahl der

drehungen auf [illegible]. Nach ½ Stunde, wo alles gehörig durchgewärmt war, betrug diese Zahl für 1 Stunde [illegible] Umdrehungen.

Da man weiß, wie viel Holz in einer Stunde verbrennt, und auch die hiezu nöthige Gasmenge bekannt ist, so kann man aus den Ergebnissen solcher Versuche sehen, ob der Verbrennungsproceß vollkommen vor sich gehe oder nicht.

Anziehungserscheinungen, durch ausströmende elastische Flüssigkeiten veranlaßt.

Bekanntlich haben Clement, Thénard, Hachette *) u. A. die bemerkenswerthe Erfahrung gemacht, daß, wenn Luft oder Dampf mit einer gewissen Kraft aus einem Rohre ausströmt, dessen Mündungsebene sich in eine ebene Fläche fortsetzt, eine in kleiner Entfernung gehaltene Platte gegen die Mündung hingezogen wird, und daran hängen bleibt, wie durch eine Art Anziehung festgehalten, ungeachtet man für den ersten Anblick eher den entgegengesetzten Erfolg erwarten sollte, nämlich ein Fortstoßen der Platte durch den austretenden Luftstrom. Eben so wird hier als bekannt vorausgesetzt, daß dieser Erfolg von einer Differenz des Drucks der Atmosphäre auf die von der Mündung abgewandte Fläche der Platte und des Drucks der ausströmenden Luft auf die zugewandte Fläche herrührt, indem der letztere Druck, wegen des größeren Raumes, in den sich die Luft ausgebreitet hat, und ihre hiedurch bewirkte Dichtigkeitsverminderung geringer wird, als der äußere atmosphärische Druck.

Neuerdings sind mehrere Apparate und Versuchsweisen angegeben worden, welche dieselbe Erscheinung oder Erscheinungen, die auf gleichen Grund zurückzuführen sind, unter verschiedenen Formen darstellen, und die wir hier mittheilen wollen.

a) Von Faraday **). Die aller einfachste Art, einen solchen Versuch anzustellen, möchte folgender von Faraday sein, da sie jedem im eigentlichsten Sinne des Worts unmittelbar zur Hand ist.

Man schließe die Finger der offenen Hand genau an einander, wo noch immer noch ein kleiner spaltgleicher Zwischenraum zwischen denselben sich von Gelenk zu Gelenk erstrecken wird, halte die Hand horizontal, so daß die Fläche abwärts gekehrt ist, applicire die Lippen auf das Intervall zwischen dem zweiten und dritten Finger nahe an ihren Wurzeln und blase mit Kraft. Es wird ein starker Luftstrom durch die Öffnung der flachen Hand herausdringen. Hat man nun ein Stück Papier oder Karte von 3 bis 4 Quadratzoll an die Öffnung applicirt, so wird es weder durch den Luftstrom fortgeblasen werden, noch durch sein Gewicht herabfallen, vielmehr an die Hand angedrückt bleiben, so lange das Blasen fortgesetzt wird, im Augenblick aber, wo dieses aufhört, niederfallen.

*) Man vergleiche besonders des letzteren Abhandlungen in den Ann. des sc. d'obs. T. IV. p. 161 und Pogg. X. [illegible]

**) Journ. of the royal Inst. 1831. No. 2. p. [illegible]

flügel. Es besteht aus einer [illegible]
tes Rad mit schief gestellten [illegible]
Fenstern angebracht sieht. [illegible]
Getriebe mit 5 Stäben. [illegible]
eingreift, an dessen [illegible]
über einer [illegible]
derselben Axe, [illegible] gegen die erstere [illegible]
hat, und diese [illegible] Clement und Désormes [illegible]
zweiter [illegible]
[illegible] in Ver [illegible]ment). In Fig. 22 stellt A [illegible]
[illegible] im Durchschnitte haltenden [illegible]
[illegible] in einen Ofen führte. B ist ein [illegible]
[illegible] in die Röhre eingefügt wurde. In [illegible]
[illegible] Röhre war ein Loch von 0,4 Zoll [illegible]
[illegible] Rohr von verzinntem Eisenblech [illegible]
[illegible] Länge von 5,4 Zoll hatte, bei C 0,4 Zoll, [illegible]
[illegible], 1,05 Zoll im Durchmesser hielt. In [illegible]
[illegible] Röhre waren senkrecht 2 offene Glasröhren
[illegible] untere Enden in einem Behälter mit Queck[illegible]
[illegible] E war 0,5 Zoll von der Innenseite des [illegible]
[illegible] der Axe der Röhre F entfernt. In den [illegible]
[illegible] Quecksilber geschüttet, und das Gebläse [illegible]
[illegible] nun die Luft mit einer Geschwindigkeit [illegible]
[illegible] durch die Röhre A ging, stand das Queck[illegible]
[illegible] des Hebers 1,8 Zoll höher als in dem [illegible]
[illegible] Röhre F um 0,4 Zoll, und in der Röhre E [illegible]
[illegible] beweist, daß die Elasticität der Luft bei E [illegible]
[illegible] und daß sie von D nach F wieder zunahm. [illegible]
[illegible] wurde, stieg das Quecksilber in beiden Röhren
[illegible] Verhältnisse.

[illegible] Stewart angegebener, Apparat ist folgender:
[illegible]schnitt einer senkrechten 4 Zoll im Durchmesser [illegible]
[illegible] einem Behälter voll comprimirter Luft in Ver[illegible]
[illegible] Querschnitt einer flachen Scheibe von Holz, [illegible]
[illegible] welche in der Mitte eine kreisrunde Öffnung [illegible]
[illegible] in welche das obere Ende der Röhre A
[illegible] Querschnitt einer andern Holzscheibe, die glei[illegible]
[illegible], über dieser befestigt ist, und derselben [illegible]
[illegible] weniger genähert werden kann.
[illegible] DK ist der umgekehrte Glasheber F eingesetzt,
[illegible], ein zweiter G; ein dritter M steht seitw[illegible]
[illegible] Verbindung; H, I und K sind kleine an beiden E[illegible]

... mit ihren oberen Enden in BC eingefügt, und mit ... voll gefärbten Wassers getaucht sind. Die Axe ... der Röhre I 1,21, und die von K 3,4 Zoll von ... A entfernt.

... DE dieses Apparats wurde der Platte BC bis auf 0,2 Zoll ... etwas Quecksilber in die umgekehrten Heber gegossen, und der ...apparat in Thätigkeit gesetzt. Der Heber G zeigte, wie der ... M, einen inneren Druck von 1,25 Zoll, und der Heber F einen ... von 1,3 Zoll Quecksilber. Das gefärbte Wasser stieg in H 9,0, in ...,0, und in K 0,5 Zoll. Als der innere Druck in A verstärkt wurde, ...g das Wasser in H, I und K höher, und fast in allen diesen Röhren ... gleichem Verhältnisse; und der herabwärts gerichtete Druck auf DE ...rtraf nun noch mehr den aufwärts wirkenden Druck aus A.

Analoge Versuche hat Clement angestellt. In die der Öffnung eines ...mpfrohrs gegenüber befindliche Scheibe, die wie die Ebene der Öffnung bei ...ement's Versuche vertical stand, wurde nahe an ihrem Rande eine kleine ...fnung gebohrt und in dieselbe eine gebogene Glasröhre befestigt, welche in ein, ...a 0,5 Meter unterhalb der Scheibe stehendes, Gefäß mit Wasser tauchte. ...obald das Ausströmen des Dampfes begann, stieg das Wasser aus dem ...hälter in die Glasröhre und erhielt sich darin in einer gewissen Höhe ...er dem äußern Niveau; ja es stieg sogar bis zum oberen Ende dieser ...öhre und mischte sich mit dem am Rande der Scheibe ausströmenden ...ampfe, so daß das Gefäß durch dieses Aufsaugen bald geleert wurde.

Bohrt man, statt am Rande, in der Mitte der Scheibe, welche der ...itte der Öffnung gegenüber steht, ein Loch, so strömt daselbst der Dampf ...it Heftigkeit heraus, und wenn man hier, wie vorhin, ein in Wasser ...tauchtes Rohr befestigt, so wird das Wasser in diesem Rohre hinabge...rückt. Clement fand auf diese Weise, daß, in der Mitte der Scheibe, ...er innere Druck fast demjenigen gleich ist, welcher in dem Dampfkessel ...tatt findet und von hier bis nach dem Umfange abnimmt, wo er sehr ...erklich geringer als der atmosphärische Druck ist.

d). Von Balz.*). Man nehme eine, an beiden Enden offene, ...rade oder heberartig gekrümmte, Barometerröhre a (Fig. 24) **), lasse ...s ihrer Enden durch den Boden eines cylindrischen Gefäßes b von etwa ... Zoll innerer Höhe und 1 Zoll Halbmesser der Grundfläche in der Rich...ung der Cylinderaxe luftdicht hindurchgehen; in eine, in der Cylinder...läche befindliche, runde Öffnung c, welcher gegenüber eine zweite etwas ...rößere längliche angebracht ist, bringe man nun die Düse eines guten

*) Pogg. XVII. 89.

**) Die Originalfigur in Pogg. XVII. Taf. II. Fig. 7 scheint mir die Vor...richtung nicht recht deutlich darzustellen, ich habe daher nach der Beschreibung ...ie Figur 24 entworfen; doch erhellt nicht aus der Original-Beschreibung, ob sich ...as Rohr a durch den Boden des Cylinders hindurch bis zum Niveau der Öff...nung c verlängert.

[illegible] Theil der [illegible] ist derselbe [illegible] in die Höhe gerissen. [illegible] verschiedenen Veränderungen [illegible] unterwerfen, und unter andern [illegible] Dampfkessel entband, zur [illegible] angewandt, wie in der Abhandlung [illegible], nach mehreren mitgetheilten [illegible] praktische Anwendung zur Hebung [illegible] möchte diese Methode mit anderen [illegible] Vergleich nicht aushalten können. [illegible] welche Volz in einer [illegible] oder des Dampfes an die Luft [illegible]

[illegible] Bewegung eines gegen eine [illegible] von Quetelet *)

[illegible] senkrecht oder schief gegen eine [illegible] nicht unter dem Einfallswinkel zurück [illegible] wo er leichte Körper, die in [illegible] In der Nähe des auf die [illegible] [illegible]

... nach dem Strome hin und selbst in ihn hinein, wenn der Ab... nicht zu groß ist, giebt einen augenfälligen Beweis von der Gegen... des atmosphärischen Drucks bei diesen Vorgängen.

Um zu erfahren, welche Bewegungen die Luft zwischen zwei Flächen ...chen würde, deren Abstand größer war, als der, bei welchem das An...hungsphänomen in den Clementschen und Hachette'schen Versuchen noch ...tritt, befestigte Quetelet die beiden Flächen. Es zeigte sich, daß dann die Flamme einer Kerze in der Verlängerung der Ebene, gegen ... geblasen wurde, nur in einem sehr unmerklichen Grade fortgetrieben ...rd, sobald deren Rand einige Zolle über die gegenüberstehende Fläche vorragte. Es stellte sich nämlich dann eine zusammengesetzte Bewegung ... Um diese besser beobachten zu können, streute Quetelet feinen Sand ...d auf die eine, bald auf die andere dieser Platten, wie man es zu Her...bringung der Chladnischen Klangfiguren thut. Auf der kreisrunden ...atte, die am Blasebalge befestigt war, sammelte sich der Sand am ...nde und um die Öffnung, zu welcher der Luftstrom heraustrat, concen...sch mit dem Umfange der Platte in einem kleinen Kreise. Auf der ge...nüberliegenden Platte dagegen häufte sich der Sand concentrisch um den ...nkt, auf welchen der Strom gerichtet war. Dies scheint das Dasein ...ier Ströme zu erweisen, von denen der eine durch die fortgeblasene ...ft, der andere aber durch die äußere, zwischen die Platten dringende, ...ft hervorgebracht ward. Recht sichtbar wurde diese Bewegung, als ...nige Flaumfedern zwischen die Platten gebracht wurden. Sogleich bil...te sich um den Strom und parallel den Flächen eine Art von Krone, ...elche eine sehr rasche drehende Bewegung annahm, wodurch die Federn ...ch einigen Augenblicken in sehr feine Fäden aufgerollt wurden. Diesel...n Erscheinungen lassen sich auch nach Quetelet, jedoch viel undeutlicher, ...it einer einzigen Platte hervorbringen.

Über den Ausfluß elastischer Flüssigkeiten aus Reservoirs ...nd Röhren, von Navier *).

Navier hat die Gesetze des Ausflusses elastischer Flüssigkeiten aus Reser...oirs und Röhren einer neuen mathematischen Untersuchung unterworfen, de...n Resultate, da sie in mehrfacher Hinsicht auch für die Praxis von großer ...ichtigkeit sind, wir nachher mit den mathematischen Zeichen, die allein einen ...nauen Ausdruck derselben gestatten, und den als Belege derselben dienenden ...rsuchen näher mittheilen werden. Vorläufig mag es genügen, einige Sätze, ...e sich ohne großen Hülfsapparat von Zeichen ausdrücken lassen, daraus ...zuziehen.

Sie gelten für die Voraussetzung, daß der Ausfluß unter einem con...nten Druck geschieht, daß er gleichförmig geworden ist, und daß Einfluß ...r Schwere und der Reibung oder Adhäsion an den Gefäßwänden ver...chlässigt werden, welches letztere im Fall langer Röhrenleitungen aller...

*) Mém. de l'Acad. 1830. T. IX. p. 311.

[illegible] Druck, welcher im Innern des Gefäßes Statt findet, die Einheit [illegible] der Durchschnittsfläche [illegible]
[illegible] Druck, welcher [illegible] Statt findet.
[illegible] der Flüssigkeit, oder die Masse, welche die Einheit [illegible] unter dem Druck P hat;
[illegible] Beschleunigung, welche die Schwere den Körpern in einer Zeiteinheit [illegible]

[illegible] diese Formel auch, wenn für den Fall bestimmt, wo die Flüssigkeit [illegible] Gefäße, wenn sie verdichtet worden ist, in die atmosphärische [illegible], zu folgender:

$$U = \sqrt{2 g h \frac{\varpi}{\Pi}} \cdot \sqrt{\frac{(1 + 0{,}00375 . \nu) H}{h + H}}$$

In dieser Formel ist

h die Höhe der Säule einer beliebigen Flüssigkeit, welche den atmosphärischen Druck mißt.

H die Höhe einer Säule derselben Flüssigkeit, welche den Überschuß des Drucks, der innerhalb des Gefäßes Statt hat, über den atmosphärischen Druck mißt.

ϖ das Gewicht der Einheit des Volumens dieser Flüssigkeit.

Π das Gewicht der Einheit des Volumens der [illegible] Flüssigkeit, welche ausfließt, von der Temperatur 0° C. angenommen, unter dem Druck welcher durch eine Flüssigkeitssäule von der Höhe η gemessen wird.

ν die wirkliche, am hundertheiligen Thermometer [illegible]

η s. Π.

3) Für den Fall, wo die Sexagesimalsecunde als Zeiteinheit, der Meter als Längeneinheit, der Kilogramme als Gewichtseinheit genommen wird, wo die Druckkräfte durch Quecksilberhöhen gemessen werden, und das ausströmende Gas atmosphärische Luft ist, geht die vorstehende in folgende über:

$$U = 394{,}5 . \sqrt{\frac{(1 + 0{,}00375 . \nu) H}{h + H}}$$

indem man $g = 9{,}8088$ Meter, $\varpi = 13568$ Kilogr. annimmt, das Gewicht des Cubikmeters atmosphärischer Luft bei 0° C. unter 0,76 Meter barometrischem Druck = 1,3 Kil. setzt, mithin $\Pi = 1{,}3$ Kil., $\eta = 0{,}76$ Meter annimmt.

Letzterer Ausdruck, mit der Area der Mündung multiplicirt, wird das [illegible] der atmosphärischen Luft geben, welches in der Zeiteinheit aus[illegible] ein Volumen, das man als unter dem Druck P gemessen ansieht, [illegible] der Höhe h + H entspricht, d. i. welcher in dem Gefäße Statt [illegible] aus welchem die atmosphärische Luft ausfließt.

[illegible] gelten diese Formeln ohne Correction nur für die Voraus[illegible] die Stralen ausfließender Luft beim Hindurchgehen durch die [illegible] senkrechte Richtungen auf die Ebene dieser Mün-

5) Bei dem Ausströmen der Gasart durch ein Rohr oder Reservoir sind wesentlich zwei Fälle zu unterscheiden, welche verschiedene Wirkungen mit sich führen; und die wir durch die Benennungen erster Fall und zweiter Fall unterscheiden wollen. Der erste Fall findet dann statt, wenn der Druck im ersten Querschnitt der Gasleitung (innerer Druck) *) und die Area dieses Querschnitts ein gewisses Verhältniß zu dem äußern Druck **) und der Area der Ausflußmündung nicht überschreiten. Der zweite Fall findet dann Statt, wenn dies Verhältniß überschritten wird; also im Allgemeinen bei großer Differenz zwischen dem äußern und innern Druck und Eintritts- und Ausflußmündung der Gasart. Die genaue Unterscheidung beider Fälle wird durch eine unten stehende Formel gegeben ***).

6) Im Fall eine Gasart durch ein Rohr oder Reservoir ausströmt, dessen Querschnitte vom Anfange bis zur Mündung successiv durch allmählige Übergänge abnehmen, wie in Fig. 25, so nimmt jedenfalls der Druck vom Anfange des Reservoirs bis zur Mündung ebenfalls fortschreitend ab; hinsichtlich des Drucks an der Mündung CD selbst aber ist der erste vom zweiten Falle zu unterscheiden. Im ersten Falle kommt der Druck mit Annäherung an die Mündung allmählig bis zum äußern oder atmosphärischen herab, im zweiten Falle springt er in der Mündung selbst plötzlich auf diesen Druck von einem höhern über.

7) Wenn von einer Einschnürung ****) an das Reservoir oder die Röhre sich fortgehends erweitert, wie in Fig. 28, so wird im ersten Falle der Druck von AB bis EF continuirlich ab- und von EF bis CD continuirlich wieder zunehmen, auf solche Art, daß in EF selbst der Druck

*) Der innere Druck ist also der zu Anfange des Reservoirs Statt findende, welcher zunächst den Ausfluß veranlaßt, und gewöhnlich durch Wasser- oder Quecksilberdruck erzeugt und repräsentirt wird. Sind alle, auf den Gasstrom senkrechte, Querschnitte eines Reservoirs einander gleich, so ist auch der Druck in allen der nämliche, und man kann dann eben so gut den Druck im letzten Querschnitte (an den sich das Rohr anfügt) oder in beliebigen Querschnitten des Reservoirs für den innern Druck annehmen.

**) d. i. dem Druck, den das Mittel, in welches das Gas ausströmt, an der Mündung selbst äußert.

***) Es sei P der innere, P′ der äußere Druck, beide auf die Flächeneinheit bezogen, Ω die Area des ersten Querschnitts der gesammten Gasleitung, Ω' die Area des letzten Querschnitts oder der Ausflußmündung; dann hat man:

den ersten Fall, wenn

$$\frac{P^2\ \Omega^2}{P'^2\ \Omega'^2}\ \log.\ \text{nat.}\ \frac{P}{P'} < \frac{1}{2}$$

den zweiten Fall, wenn

$$\frac{P^2\ \Omega^2}{P'^2\ \Omega'^2}\ \log\ \text{nat.}\ \frac{P}{P'} > \frac{1}{2}$$

****) Diese nicht so eng vorausgesetzt, daß der unter 2) bemerkte Umstand einträte.

kleiner als der äußere Druck ist. Im zweiten Falle dagegen wird der Druck zwar auch von A B bis E F abnehmen, aber in E F noch einen höhern Werth als der äußere Druck haben. In E F selbst wird er plötzlich von dem höhern Druck zu einem tiefern Druck herabspringen, der aber auch jetzt noch größer als der äußere Druck ist. Von E F bis C D aber wird dann der Druck fortgehends abnehmen, bis er in C D selbst dem äußern Drucke gleich wird.

8) Findet eine bauchige Erweiterung des Reservoirs oder der Röhre, wie in Fig. 29 Statt, d. h. zieht sich nach erfolgter Zusammmenziehung in E F (wo der Querschnitt kleiner als in C D angenommen wird) *) und wieder erfolgter Ausdehnung in G H der Querschnitt des Reservoirs abermals bis zur Ausmündung in C D zusammen, so wird im ersten Falle der Druck continuirlich mit dem Querschnitte zunehmen und abnehmen, so daß er in C D kleiner, in G H größer wird als der äußere Druck, wofern G H selbst größer als C D. Im zweiten Falle dagegen wird wiederum ein Sprung des Drucks in E F erfolgen, doch so, daß auch nach dem Sprunge der Druck in E F noch größer als der äußere Druck ist in allen den Querschnitten, die kleiner als C D sind; dagegen wird der Druck in allen Querschnitten des Raumes E G C D H F, welche größer als C D sind, einen kleinern Werth als der äußere Druck erlangen.

9) Wenn sich ein cylindrisches Rohr E F C D in die ebene Wand A B eines Reservoirs mittelst einer Art Mundstück, wie in Fig. 32, einfügt, so daß alle Gasstralen, welche zum ersten Querschnitt E F dieses Rohrs gelangen, mit der Axe M N parallel gerichtet sind, mithin keine Zusammenziehung des Strals Statt findet, so nimmt der Druck im Mundstück vom Querschnitt A B bis zum Querschnitt E F ab und ist in der cylindrischen Röhre selbst constant **). Hiebei aber unterscheidet sich wieder der erste Fall vom zweiten in folgender Art: Im ersten Falle kommt der Druck im Übergange vom Querschnitte A B zum Querschnitte E F allmählig zum äußern Druck herab, der dann bis C D fortbesteht; im zweiten Falle dagegen kommt der Druck von A B bis E F bloß zu einem Druck herab, der in E F noch höher als der äußere ist; dann besteht dieser höhere Druck von E F an unverändert bis C D und springt dort plötzlich auf den äußern Druck über.

10) Wenn sich ein cylindrisches Rohr E F C D nicht wie in Fig. 32 mittelst eines Mundstücks in das Reservoir einfügt, sondern wie in Fig. 33 unmittelbar in senkrechter Richtung in die ebene Wand des Reservoirs eingefügt ist, so daß der in das Rohr eintretende Gasstral eine Zusammenziehung des Strals in e f erleidet; wenn man überdies annimmt, daß die

*) Doch wird auch hier diese Zusammenziehung nicht so eng angenommen, daß der unter 2) bemerkte Erfolg einträte.

**) Vorausgesetzt immer, daß die Röhre kurz genug ist, um den verzögernden Einfluß der Gefäßwand außer Acht lassen zu können; widrigenfalls nimmt der Druck vom Anfange nach dem Ende der Röhrenleitung zu ab.

Area C D der Ausflußmündung sehr klein im Verhältniß zur Area A B des Reservoirs (von constantem Querschnitt) ist, und daß der innere Druck sehr wenig den äußern übertrifft, so finden folgende Verhältnisse Statt:

Der Druck nimmt von E F bis e f ab; so daß er in e f selbst kleiner als der äußere Druck wird, und zwar beträgt die Differenz des Drucks in e f vom äußern Druck ziemlich $\frac{9}{10}$ der Differenz zwischen dem äußern und innern Druck *). Unmittelbar nach e f aber springt der Druck, indem sich der Gasstral plötzlich wieder in den ganzen Querschnitt des Rohrs ausbreitet, auf den äußern Druck selbst über, der dann bis C D fortbesteht.

11) Man kann dadurch, daß man in einem Reservoir eine Querscheidewand anbringt, in der sich eine Öffnung befindet, die Ausflußgeschwindigkeit aus der Mündung des Reservoirs beliebig verkleinern, indem man die Öffnung der Querscheidewand, durch welche die Flüssigkeit durchgehen muß, um zur Mündung zu gelangen, immer mehr im Verhältniß zur Mündungsöffnung verkleinert.

12) Ist die Ausflußmündung C D (Fig. 30) eines Reservoirs sehr klein gegen die Eintrittsmündung A B, und die Öffnung E F der Querscheidewand **) zugleich sehr klein gegen den Querschnitt G H des Reservoirs, welcher die Ebene der Öffnung in der Querscheidewand enthält, so ändert sich der Druck des Gases bei seinem unmittelbaren Übergange vom Querschnitte E F in den Querschnitt G H um keine merkliche Quantität. Ferner ist dieser Druck in E F oder G H dann stets größer als der äußere Druck bei C D, und wird dem letztern nur dann merklich gleich, wenn die Area des Querschnitts E F ausnehmend klein gegen die Area der Ausflußmündung C D wird.

13) Für den Fall, daß der Überschuß des innern Drucks über den äußern nicht groß, und daß die Area der Mündung C D (Fig. 30) so wie die Area der Öffnung E F der Querscheidewand sehr klein gegen die Area des ersten Querschnitts A B des Gefäßes, beide aber einander gleich, sind, so ist der Druck in E F das arithmetische Mittel zwischen den Druckkräften, welche in den äußersten Querschnitten A B, C D Statt finden; und das Ausflußquantum, welches in einer gewissen Zeit durch C D Statt hat, steht zu dem, welches ohne Gegenwart der Querscheidewand Statt haben würde, sehr nahe im Verhältniß von $1 : \sqrt{2}$.

14) Im Fall das Gas aus einem Reservoir ausströmt, dessen Mündung so klein im Verhältniß zum ersten Querschnitt des Reservoirs ist ***),

*) d. h. wenn B der Druck im Querschnitt e f ist, so hat man

$$B = P' - 0{,}89\,(P - P')$$

**) Gienge der Öffnung E F nicht wie in Fig. 30 ein Mundstück voraus, welches eine Zusammenziehung des Strals verhindert, sondern wäre die Öffnung E F in eine ebene Scheidewand gebrochen, wie in Fig. 31, so wäre Statt der Area der Öffnung E F im obigen Satze die Area des Querschnitts des zusammengezogenen Strals e f zu setzen. So auch im folgenden Satze.

***) Oder zum Querschnitt des Reservoirs überhaupt, wenn dies von constantem Querschnitt ist.

daß man die Größe $\frac{P'^2\ \Omega'^2}{P^2\ \Omega^2}$ gegen 1 vernachlässigen kann, so wird, vorausgesetzt, daß keine sehr starke Einschnürung oder durchbohrte Scheidewand im Reservoir Statt finde, das Gasvolumen V (gemessen unter dem im Reservoir Statt findenden Druck) was in der Zeiteinheit ausfließt, durch folgende Formel bestimmt:

$$V = \frac{P'\ \Omega'}{P} \sqrt{2\ k\ \log.\ nat.\ \frac{P}{P'}}$$

wo P, P', Ω' die S. 133 Anm. angegebene Bedeutung haben; k aber den, von Beschaffenheit und Temperatur des Gases abhängigen constanten Coefficienten bezeichnet, welcher das Verhältniß des Drucks zur Masse der Volumeneinheit des Gases ausdrückt *).

Bei voriger Formel ist vorausgesetzt, daß der Ausfluß durch eine solche Ausmündung geschehe, daß die ausfließenden Stralen senkrecht auf die Ausflußmündung blieben; mithin eine Art Mundstück an das Reservoir gesetzt ist, das sich wie in Fig. 32 an das Reservoir anschließt **). Wäre die Mündung unmittelbar in eine ebene Wand des Reservoirs gebrochen, so würde man das richtige Ausflußquantum erhalten, wenn man das sich nach obiger Formel ergebende Product noch mit 0,6149 oder 0,62 multiplicirte.

Die von Bernouilli für den in Rede stehenden Fall gegebene Formel (s. S. 137) stimmt bloß in dem Falle, wenn der Überschuß des innern Drucks über den äußern ein sehr kleines Verhältniß zu diesen Druckkräften selbst hat, nahe mit der vorigen Formel überein, sonst giebt die Bernouillische Formel ein zu großes Ausflußquantum.

15) Wenn der Ausfluß des Gases durch eine im Verhältniß zu ihrem Durchmesser sehr lange cylindrische Leitungsröhre vom Durchmesser D geschieht, welche einen sehr kleinen Querschnitt im Verhältniß zum Querschnitt des Reservoirs hat, in welches sie sich einfügt, und die sich bei ihrer Mündung nicht zusammenzieht, sondern wie in Fig. 33 öffnet; wenn überdies der Überschuß des innern über den äußern Druck sehr klein ist, so kann das Gasvolumen V, was (unter dem im Reservoir Statt findenden

*) Es ist derselbe Coefficient, dessen numerischer Werth schon S. 87 angegeben worden ist. Navier berechnet ihn nach etwas andern Datis zu 7786 Meter bei 0° C.

**) Für den Fall, wo eine cylindrische Röhre sich gleich senkrecht in das Reservoir einfügt, wie in Fig. 33, gilt eine andere Formel. Man findet jedoch, wofern der Überschuß des innern über den äußern Druck sehr klein im Verhältniß zu diesen Druckkräften ist, auch für diesen Fall durch obige Formeln das richtige Ausflußquantum, wofern man den darin gegebenen Ausdruck mit folgendem multiplicirt:

$$\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{0{,}62\left(1-0{,}89\ \frac{P-P'}{P'}\right)}-1\right)^2}}$$

P der Druck, welcher im Innern des Gefäßes Statt findet, in Gewichtseinheiten ausgedrückt und auf die Einheit der Oberfläche bezogen;

P′ der Druck, welcher äußerlich Statt findet;

R die Dichtigkeit der Flüssigkeit, oder die Masse, welche die Einheit des Volumens unter dem Druck P hat;

g die Geschwindigkeit, welche die Schwere den Körpern in der Zeiteinheit einpflanzt.

2) Diese Formel wird, näher für den Fall bestimmt, wo die Flüssigkeit aus einem Gefäße, worin sie verdichtet worden ist, in die atmosphärische Luft austritt, zu folgender:

$$U = \sqrt{2 g \eta . \frac{\varpi}{\Pi}} . \sqrt{\frac{(1 + 0{,}00375 . \nu)\, H}{h + H}}$$

In dieser Formel ist:

h die Höhe der Säule einer beliebigen Flüssigkeit, welche den atmosphärischen Druck mißt.

H die Höhe einer Säule derselben Flüssigkeit, welche den Überschuß des Drucks, der innerhalb des Gefäßes Statt hat, über den atmosphärischen Druck mißt.

ϖ das Gewicht der Einheit des Volumens dieser Flüssigkeit.

Π das Gewicht der Einheit des Volumens der elastischen Flüssigkeit, welche ausfließt, von der Temperatur 0° C. angenommen, unter dem Druck, welcher durch eine Flüssigkeitssäule von der Höhe η gemessen wird.

ν die wirkliche, am hunderttheiligen Thermometer beobachtete, Temperatur.

η s. Π.

3) Für den Fall, wo die Sexagesimalsecunde als Zeiteinheit, der Meter als Längeneinheit, der Kilogramme als Gewichtseinheit genommen wird, wo die Druckkräfte durch Quecksilberhöhen gemessen werden, und das ausströmende Gas atmosphärische Luft ist, geht die vorstehende in folgende über:

$$U = 394{,}5 . \sqrt{\frac{(1 + 0{,}00375 . \nu)\, H}{h + H}}$$

indem man g = 9,8088 Meter, ϖ = 13568 Kilogr. annimmt, das Gewicht des Cubikmeters atmosphärischer Luft bei 0° C. unter 0,76 Meter barometrischem Druck = 1,3 Kil. setzt, mithin Π = 1,3 Kil., η = 0,76 Meter annimmt.

Letzterer Ausdruck, mit der Area der Mündung multiplicirt, wird das Volumen der atmosphärischen Luft geben, welches in der Zeiteinheit ausfließt, ein Volumen, das man als unter dem Druck P gemessen ansieht, welcher der Höhe h + H entspricht, d. i. welcher in dem Gefäße Statt findet, aus welchem die atmosphärische Luft ausfließt.

Übrigens gelten diese Formeln ohne Correction nur für die Voraussetzung, daß alle Stralen ausfließender Luft beim Hindurchgehen durch die Mündung senkrechte Richtungen auf die Ebene dieser Mün-

dung haben. In so fern dies aber nicht der Fall ist, muß man je nach Beschaffenheit der verschiedenen Figuren der Wand bei der Mündung ähnliche Correctionen anbringen, als im Fall des Ausflusses tropfbarer Flüssigkeiten Statt finden, Correctionen, die sich bloß aus der Erfahrung mit Sicherheit ableiten lassen.

Endlich ist der Einfluß der Reibung und der Adhäsion auf die Bewegung der Luft in obigen Formeln nicht berücksichtigt.

Navier bemerkt hinsichtlich der Gültigkeit der Voraussetzungen, auf welche sich die obigen Formeln stützen, und von welchen begreiflich ihre Anwendbarkeit auf die Erfahrung abhängt:

a) daß die Annahme einer Geschwindigkeit = Null und eines gleichförmigen Druckes im Innern des Gefäßes in der That nur für den Fall gültig sein kann, wo eine sehr kleine Mündung in der Wand eines großen Gefäßes geöffnet ist; dagegen wird sie sich von der Wirklichkeit zu weit in allen denjenigen Fällen entfernen, wo die elastische Flüssigkeit vor dem Anlangen an die Mündung eine Gefäß- oder Röhren-Portion zu durchlaufen hat, deren transversale Dimensionen nicht ausnehmend groß im Verhältniß zu denen der Mündung sind.

b) Scheint man sich auch sehr vom Falle der Natur zu entfernen, wenn man annimmt, daß die Gasschicht, welche durch die Mündung hindurchgeht, eine Dichtigkeit hat, welche dem oben durch P ausgedrückten Druck, der im Innern des Gefäßes Statt hat, entspricht; da doch unstreitig die elastische Flüssigkeit im Allgemeinen progressiv vom innern Drucke P zum äußern Drucke P′, und mithin auch von der Dichtigkeit, welche P entspricht, zur Dichtigkeit, welche P′ entspricht, übergehen wird.

Formeln Navier's über den Ausfluß einer elastischen Flüssigkeit aus einem Gefäße oder einer Röhre.

Bedingungen. Den nachstehenden Formeln liegen folgenden Voraussetzungen unter, für die sie ihre Gültigkeit haben:

1) Die Annahme des Parallelismus der Schichten *).

2) Gleichbleibender Druck und gleichbleibende Geschwindigkeit in jedem Theile des Gefäßes **).

*) Diese besteht bekanntlich darin, daß die, auf die Ausströmungsrichtung senkrechten, Geschwindigkeiten sehr klein in Verhältniß zu den in jener Richtung geschehenden Geschwindigkeiten sind, welche letztere zugleich merklich gleich für alle Theilchen einer und derselben auf die Ausflußrichtung senkrechten Schicht angenommen werden. Diese Annahme hat im Allgemeinen ihre Gültigkeit, wenn die Flüssigkeit aus einem Gefäße ausströmt, welches sich wenig von der cylindrischen Form entfernt, oder worin die Länge der strömenden Flüssigkeit sehr groß im Verhältniß zur Breitedifferenz der Schichten ist. (Méc. par Poisson, II. p. 445.)

**) Diese Bedingung wird dadurch erfüllt, daß entweder aus einer constanten Quelle stets so viel Gas in das Reservoir wieder nachströmt, als durch die Mündung ausfließt, oder dadurch, daß die Capacität des Reservoirs in demselben Maße verkleinert wird, als die Quantität des Gases durch das Ausströmen sich mindert. Allerdings ist auch unter diesen Umständen im ersten Augenblicke

3) Vernachlässigter Einfluß der Schwere auf die Bewegung des Gases *).

4) Eine solche Gestalt der Ausflußmündung, daß alle Stralen des ausströmenden Gases in mit der Axe paralleler oder auf den Mündungsdurchschnitt senkrechter Richtung ausströmen **).

Ist letztere Bedingung nicht erfüllt, wie in dem Falle, wo die Öffnung durch eine ebene Wand gebrochen ist, so wird zwar die Geschwindigkeit sämmtlicher Gasstralen beim Durchgange durch die Mündung noch durch die nachfolgenden Formeln repräsentirt werden, nicht mehr aber das Ausflußquantum, wegen der bei den Gasarten eben sowohl als bei den tropfbaren Flüssigkeiten Statt findenden Zusammenziehung des Strals, und es würden die Formeln in diesem Bezuge hier, wie bei den tropfbaren Flüssigkeiten, ihre genaue Anwendung vielmehr auf die Stelle der größten Zusammenziehung finden.

Um sie auf die Mündung selbst anzuwenden, wird man jedoch nur nöthig haben, sie durch einen gewissen fractionären Coefficienten m zu corrigiren, der durch Versuche (vergl. D) = 0,6149 gefunden worden ist.

5) Vernachlässigung der Temperaturveränderungen, die aus der Expansion und Contraction des Gases hervorgehen.

6) Bei den Formeln (1) bis (11) ist überdies die Voraussetzung gemacht, daß kein Sprung (plötzliche Veränderung) in der Geschwindigkeit oder dem Druck der Flüssigkeitsschichten in irgend einem Theile des Gefäßes Statt finde.

Die Umstände, wo ein solcher Sprung eintritt, sind namentlich die, wo eine plötzliche Veränderung in der Größe der Querschnitte des Gefäßes oder der Röhre, welche das Gas durchläuft, Statt finde, oder wo das Gas durch eine kleine Öffnung hindurchgehen muß, welche sich in einer Querscheidewand, die durch das Innere des Gefäßes hindurchgeht, befindet. Im Falle eines solchen Sprungs sind bis unmittelbar vor der Stelle, wo der Sprung eintritt, zwar noch die Formeln (1) bis (11) in so weit

die Geschwindigkeit null, und es bedarf einer kurzen endlichen Zeit, ehe sie stationär wird; von diesem Zeitpunkt an aber bleibt sie so, wenn sich die genannten Bedingungen fort erhalten.

*) Durch horizontale Lage der Axe des Ausflußgefäßes wird ein solcher Einfluß beseitigt.

**) Diese Bedingung läßt sich dadurch erfüllen, daß man die Mündung, anstatt sie in einer ebenen Wand anzubringen, wo die Stralen beim Austritt convergiren, und eine Zusammenziehung des Strals entstehen würde, entweder geradezu den Querschnitt einer cylindrischen Röhre bilden läßt (wie C D in Fig. 24), oder wo der Mündungsquerschnitt kleiner als der der übrigen Röhre sein soll, die Röhre allmählig in eine solche Gestalt (C D in Fig. 25, 29, 30, 31, 35) enden läßt, daß die Richtung des letzten Theils der Röhrenwandungen der Austrittsrichtung des Gases parallel bleibt. Eine Mündung dieser Art nennt der Verfasser Orifice évasé, im Gegensatz gegen eine, durch eine ebene Wand gebrochene. Da ich keinen entsprechenden deutschen Ausdruck dafür kenne, so werde ich den französischen beibehalten.

als die Ausflußmündung CD ist, dann von EF nach GH wächst, wo er größer als CD ist, endlich progressiv von GH nach CD wieder abnimmt. Es wird eben so wohl, als im vorigen Falle, erforderlich sein, daß der kleinste Querschnitt EF der Erweiterung nicht kleiner, als das Minimum $\omega_{,}$ sei. Diese Bedingung als erfüllt vorausgesetzt, so ergibt sich wie oben, daß, wenn man sich im Falle der Figur 26 befindet, der Druck in EF geringer, als der äußere Druck P′ sein wird, in GH aber größere Werthe, als dieser äußere Druck, wieder annehmen wird, und zwar Werthe, welche gleich denen sind, die er bei gleichem Querschnitt im Intervall ABFE darbot. Befindet man sich dagegen im Fall der Fig. 27, so wird der Druck in EF größer, als der äußere Druck P′ sein; nachdem er aber an diesem Orte eine plötzliche Veränderung erfahren hat, insofern nicht der Querschnitt EF genau gleich der Grenze $\omega_{,}$ ist, wird der innere Druck kleiner, als der äußere Druck P′ werden, in allen den Theilen des Raums EGCDHF, wo die Area der Querschnitte die des äußersten Querschnitts CD übertrifft.

D) Wenn die Bedingung 4 nicht erfüllt, sondern die Ausflußmündung durch eine ebene Wand gebrochen ist, so ist in der Formel (5) und den daraus abgeleiteten Formeln das zweite Glied mit m zu multipliciren, oder man hat

$$V = \frac{m P' \Omega' U}{P} \qquad (11)$$

die Größe von m ist durch Versuche zu bestimmen, indem man die nach der Formel (5) berechnete Ausflußmenge mit der in der Wirklichkeit Statt gefundenen vergleicht, wo der fractionäre Quotient beider m ergiebt.

Bestimmung der Größe m nach Formel 5 *). Unter den bekannten Versuchen scheinen die von Lagerhielm **) sich am meisten zu eignen, zu dieser Bestimmung zu führen. Folgende Tabelle ist nach den Resultaten dieser Versuche entworfen, welche mit kreisförmigen, in einer dünnen Kupferplatte befindlichen, Mündungen geschahen.

*) Die Größe U darin durch (4) ausgedrückt.

**) Sie sind in den Mémoires de l'academie in Stockholm bekannt gemacht; eine französische Übersetzung davon findet sich im Journal du génie civil. 7e livrais. [illegible]

[illegible] Durchmesser durch den Ausflußöffnung [illegible]	Druck-überschuß.	Barometer-höhe.	Temperatur der Luft.	Dauer des Ausflusses.	Volumen der ausgeflossenen Luft.	Werth von m.
[illegible]	Fuße.	Fuße.	Centesimal-grade.	Sec.	Cubikfuße.	
0,1122	1,616	2,545	16	4,5	7,5859	0,6097
	1,209		17	5,25	8,8919	0,6972
	0,5555		16	7,5	7,6547	0,6063
	0,1919		18	13,25	8,086	0,6103
0,000617	1,616	2,305	17	9	8,0819	0,6013
	1,217			10,5	8,057	0,5804
	0,5555		15	15	7,9251	0,5805
	0,2121	2,508	17,5	23,5	8,6635	0,6854
0,041546	1,6069	2,536	20	32	7,3881	0,6098
	1,212		19,5	36,2	7,244	0,6029
	0,5555	2,540	10,5	51,2	6,8875	0,5933
	0,1969			82	6,6251	0,6018

Die Maße sind sämmtlich Schwedisches Maß.

Die zweite Columne, welche **Drucküberschuß** überschrieben ist, giebt die Höhe der Wassersäule an, welche den Überschuß des Drucks im Innern des Gefäßes, aus dem die Luft ausfloß, über den äußern Druck, der durch die Barometerhöhe gemessen wurde, maß. Zur Berechnung dieser Versuche muß man zuerst die mit k bezeichnete Quantität (S. 87 und 136) bestimmen, indem man den Schwedischen Fuß als Lineareinheit annimmt. Diese Größe ist nach S. 87:

$$k = g\,\varpi\,\eta\,\frac{(1 + 0{,}00375\,\nu.)}{\Pi}$$

Man findet in der Abhandlung von **Lagerhielm**, daß die Geschwindigkeit, welche schweren Körpern in 1 Secunde eingepflanzt wird, und [illegible] 9m,809 beträgt, in Schwedischen Fußen 33,068 Fuß [illegible] (unter Vernachlässigung des Unterschiedes von g zwischen [illegible] und Paris) die Barometerhöhe 0,76m, bei welcher der Cubikfuß [illegible] wiegt, gleich 2,562 Fuß ist. Setzt man also in der [illegible] Formel $g = 33{,}068$, $\eta = 2{,}562$, $\varpi = 13568$, $\Pi = 1{,}3$, [illegible]

$$k = 1149300\,\frac{1 + 0{,}00375\,.\,\nu}{1{,}3}$$

[illegible] Ausdrucks man leicht den jedem Versuche zukommenden [illegible] k nach der beobachteten Temperatur bestimmen wird. Darauf [illegible] in der zweiten Columne angeführten Wasserhöhen auf Queck[illegible] nach dem Verhältniß der specifischen Gewichte beider Flüssig[illegible] und sie zu den, in der dritten Columne angeführten, Ba-

ımeterhöhen addiren, um die Quecksilberhöhen zu erhalten, welche den nern Druck messen. Ein Beispiel der ganzen Berechnung ist unten an- :führt *).

Die in der letzten Spalte der Tabelle angeführten Werthe von m zei- :n Differenzen, welche bloß auf Irrthümern der Beobachtung zu beruhen heinen. Ihr Mittel ist m = 0,6149; wonach es scheint, daß die Zu- mmenziehung der Luft ganz nach denselben Gesetzen, als die des Wassers on Statten geht.

Auch die Versuche von d'Aubuisson **) können hieher gezogen wer- en. Folgende Tabelle enhält die mittlern Resultate dieser Versuche.

Durchmesser der Mündung.	Drucküberschuß.			Werth des Verhältnisses m.
Meter.	Meter.		Meter.	
0,01	0,0286	bis	0,144	0,63
0,015	0,028	—	0,122	0,652
0,02	0,027	—	0,06	0,646
0,03	0,027	—	0,05	0,673

Die zweite, Drucküberschuß überschriebene, Columne enthält die klein- en und größten Höhen der Wassersäulen, welche den überschuß des Drucks asen, der im Gasometer über den äußeren Druck bei den 4, 5 und 6 ersuchen, die mit jeder Mündung angestellt wurden, Statt hatte, und elche als Mittelwerth den in der dritten Spalte beigesetzten Werth von ı gaben. Diese Werthe sind so erhalten worden, daß das wirkliche Aus- ußquantum durch dasjenige Quantum dividirt ward, welches sich durch erechnung nach der Formel S. 138 ergeben würde, welche Formel im

*) Beispiel. Man hat für den ersten Versuch $k = \frac{114[illegible]}{1,227}$. Der in- ere Druck ist $2,545 + \frac{1,616}{13,568} = 2,661$; mithin $\frac{P}{P'} = \frac{2,661}{2,545}$. Es ist rner $\Omega' = \frac{\pi}{4}(0,1122)^2$.

Die Formel (5) muß, wenn man den Logarithmus der gewöhnlichen Tafeln immt, geschrieben werden:

$$\frac{P' \; \Omega'}{P} \sqrt{2\,k\,(2,30[illegible])\,\log.\frac{P}{P'}}$$

Subsituirt man in diese Formel die vorstehenden Werthe, so findet man für as Ausflußquantum, welches in 1 Secunde Statt haben würde, wenn die Öff- ung evasirt wäre, 2,763 Cubikfuß. Da das wirklich Statt gehabte Ausfluß- uantum $\frac{7,5[illegible]}{4,5}$ ist, so ergiebt sich als Verhältniß beider Quanta

$$m = \frac{7,5[illegible]}{4,5 \times 2,763} = 0,6[illegible]7.$$

**) Ann. des Mines, XIII. 18[illegible].

Allgemein[illegible] große Resultate giebt, die sich jedoch im Fall der hier in Rede [illegible] Versuche ohne merklichen Irrthum anwenden lassen, wegen der geringen Differenz des inneren und äußeren Drucks.

Die hier für m erhaltenen Werthe übertreffen merklich den aus Koch's Versuchen abgeleiteten Werth. Doch verdienen die letzten Versuche vielleicht mehr Zutrauen, da sie meist unter viel größeren Druckkräften angestellt worden sind. Auch verdient Bemerkung, daß die Mündungen bei d'Aubuisson's Versuchen nicht unmittelbar in der Wand des Gasometers geöffnet waren, sondern in einer Platte, welche das Ende einer kleinen Röhre von 0m,06 Durchmesser und 0m,027 Länge, die in dieser Wand eingepflanzt war, bildete. Dieser Umstand muß die äußere Zusammenziehung vermindert haben, zu welchem Schluß man sich um so mehr aufgefordert sieht, da die Werthe [illegible] m von 0,65 bis 0,675 zunehmen, während zugleich der Durchmesser der [illegible]ündung von 0m,01 bis 0m,015 zunimmt; d. h. während zugleich der [illegible]erschied zwischen dem Durchmesser der Mündung und dem des Röhren[illegible], der eine Art Mundstück diesseits dieser Mündung bildet, abnimmt.

E) Wenn in irgend einem Theile des Gefäßes ein Sprung in den Druck, welcher zugleich einen in[illegible]eschwindigkeit voraussetzt, Statt findet, so gelten von dem Theile [illegible] wo dies der Fall ist, die vorigen Formeln nicht mehr, sondern m[illegible]ch andere ersetzt werden, die wir jetzt kennen lernen wollen. (Be[illegible]merkung 6.)

Gesetzt, [illegible] (Fig. 30) eine Querscheidewand befindlich, m[illegible] in den Querschnitt EF zu treten, auf welchen unmittelbar der [illegible] Querschnitt GH folgt. Es wird angenommen, vor dem Querschnitt EF gehe eine Art Mundstück voraus, so daß die Gasstralen zu diesem Querschnitt alle in Richtungen, welche mit der Axe parallel sind, anlangen, daß mithin die Bedingung (4) in Bezug auf diesen Querschnitt erfüllt sei. Unter Beibehaltung der übrigen, S. 142 angegebenen, Bezeichnungen heiße A die Area des Querschnittes EF.

A′ die Area des Querschnittes GH.

B der Werth des Druckes, welcher im Querschnitt EF Statt hat.

B′ der Werth des Druckes, der im Querschnitt GH Statt hat.

Unter diesen Voraussetzungen muß man von EF bis CD die Formel (1) durch folgende ersetzen:

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2 \Omega'^2}{P^2 \Omega^2} + \left(\frac{P' \Omega'}{B A} - \frac{P' \Omega'}{A' B'}\right)^2}} \qquad (12)$$

Werth o Q giebt, der größer als P ist und so beschaffen, daß die Quantität

$$\left(\frac{P^2 \; \Omega^2}{P'^2 \; \Omega'^2} - 1\right) \frac{\log. \frac{P}{p}}{\log. \frac{P}{P'}}$$

gleich — 1 wird, so daß die Parallele, welche mit der Axe der ω durch den Punkt Q gezogen wird, eine zweite Asymptote der Curve ist. Ist diese Curve construirt, so wird man den Druck p, der in einem gegebenen Querschnitt ω des Gefäßes Statt findet, finden, indem man eine Parallele mit der Axe o p in der Entfernung ω von dieser Axe zieht und den Werth der Abscisse des Durchschnittspunkts dieser Parallele mit der Curve nimmt.

Die Abscisse p für das Minimum von ω bestimmt sich durch folgende, nach den bekannten Regeln gefundene, Formel:

$$\log. \frac{P}{p} = \frac{1}{2} - \frac{\log. \frac{P}{P'}}{\frac{P^2 \; \Omega^2}{P'^2 \; \Omega'^2} - 1} \tag{9}$$

durch Substitution des Werths von p, den man solchergestalt erhält, in die Gleichung (8) wird man den Minimum-Werth von ω, den wir mit ω_1 bezeichnen, erhalten.

Die Verhältnisse, welche zwischen den Quantitäten P, P′, Ω, Ω', existiren müssen, damit Ω' (der Querschnitt der Mündung) $= \omega_1$ werde, werden durch die Formel

$$\frac{P^2 \; \Omega^2}{P'^2 \; \Omega'^2} \cdot \log. \frac{P}{P'} = \frac{1}{2} \tag{10}$$

gegeben, welche sich ergiebt, indem man in der Formel (9) p = P′ setzt.

Ist das erste Glied der Gleichung (10) $< \frac{1}{2}$, so wird man sich im Falle der Figur 26 finden, wo die der Ordinate ω_1 entsprechende Abscisse $p_1 < P'$ ist. Ist dagegen das erste Glied dieser Gleichung $> \frac{1}{2}$, so wird man sich im Falle der Figur 27 finden, wo $p_1 > P'$.

Betrachten wir nun eine Röhre, wie die, welche in Fig. 25 vorgestellt ist, in welcher der Durchschnitt successiv von A B nach C D abnimmt. Wenn die Relationen zwischen P, P′, Ω, Ω' so beschaffen sind, daß man sich im Falle der Fig. 26 befindet, so suche man die Druckkräfte, welche den verschiedenen Durchschnitten entsprechen, auf, indem man längs der Curve vom Punkte M zum Punkte M′ herabsteigt: wobei offenbar erhellt, daß der Druck eben so progressiv von dem Werthe P, welcher in A B Statt hat, zu dem Werthe P′, welcher in C D Statt hat, abnehmen wird. Ist man aber im Falle der Figur 27, so wird man, bevor man dahin gelangt, einen Punkt M″ antreffen, für welchen die Ordinate ω gleich Ω' sein wird, eben so wohl als die des Punkts M′, und deren

Allgemeinen zu große Resultate giebt, die sich je
Rede stehenden Versuche ohne merklichen Irrthum
der geringen Differenz des inneren und äußeren T

Die hier für m erhaltenen Werthe übertreff
gerhielm's Versuchen abgeleiteten Werth. Do
Versuche vielleicht mehr Zutrauen, da sie meist u
kräften angestellt worden sind. Auch verdient Ve
dungen bei d'Aubuisson's Versuchen nicht u
des Gasometers geöffnet waren, sondern in einer
einer kleinen Röhre von 0m,08 Durchmesser u
dieser Wand eingepflanzt war, bildete. Dieser
Zusammenziehung vermindert haben, zu welch
mehr aufgefodert sieht, da die Werthe von m vo
während zugleich der Durchmesser der Mündu
nimmt; d. h. während zugleich der Unterschi
der Mündung und dem des Röhrentheils, der
dieser Mündung bildet, abnimmt.

E) Wenn in irgend einem Theile des
Druck, welcher zugleich einen in der Gef
findet, so gelten von dem Theile an, wo
Formeln nicht mehr, sondern müssen durch
jetzt kennen lernen wollen. (Vergl. Beding

Gesetzt, es sei im Gefäß ABCD
befindlich, welche die Flüssigkeit nöthigt, i
auf welchen unmittelbar der größere Qu
genommen, vor dem Querschnitt EF
so daß die Gasstralen zu diesem Qu
mit der Axe parallel sind, anlangen.
Bezug auf diesen Querschnitt erfü
gen, S. 142 angegebenen, Bezeich
schnittes EF.

A' die Area des Querschnittes G L.

B der Werth des Druckes, welcher

B' der Werth des Druckes, der

Unter diesen Voraussetzungen
durch folgende ersetzen:

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2 \Omega'^2}{P^2 \Omega^2}}}$$

als die Ausflußmündung CD ist, dann von EF nach GH wächst, wo er größer als CD ist, endlich progressiv von GH nach CD wieder abnimmt. Es wird eben so wohl, als im vorigen Falle, erforderlich sein, daß der kleinste Querschnitt EF der Einschnürung nicht kleiner, als das Minimum $\omega_{,}$ sei. Diese Bedingung als erfüllt vorausgesetzt, so erhellt wie oben, daß, wenn man sich im Falle der Figur 26 befindet, der Druck in EF geringer, als der äußere Druck P′ sein wird, in GH aber größere Werthe, als dieser äußere Druck, wieder annehmen wird, und zwar Werthe, welche gleich denen sind, die er bei gleichem Querschnitt im Intervall ABFE darbot. Befindet man sich dagegen im Fall der Fig. 27, so wird der Druck in EF größer, als der äußere Druck P′ sein; nachdem er aber an diesem Orte eine plötzliche Veränderung erfahren hat (wofern nicht der Querschnitt EF genau gleich der Gränze $\omega_{,}$ ist), wird der innere Druck kleiner, als der äußere Druck P′ werden, in allen den Theilen des Raums EGCDHF, wo die Area der Querschnitte die des äußersten Querschnitts CD übertrifft.

D) Wenn die Bedingung 4 nicht erfüllt, sondern die Ausflußmündung durch eine ebene Wand gebrochen ist, so ist in der Formel (8) und den daraus abgeleiteten Formeln das zweite Glied mit m zu multipliciren, oder man hat

$$V = \frac{m\,P'\,\Omega'\,U}{P} \qquad (11)$$

die Größe von m ist durch Versuche zu bestimmen, indem man die nach der Formel (8) berechnete Ausflußmenge mit der in der Wirklichkeit Statt gefundenen vergleicht, wo der fractionäre Quotient beider m ergiebt.

Bestimmung der Größe m nach Formel 5 *). Unter den bekannten Versuchen scheinen die von Lagerhielm **) sich am meisten zu eignen, zu dieser Bestimmung zu führen. Folgende Tabelle ist nach den Resultaten dieser Versuche entworfen, welche mit kreisförmigen, in einer dünnen Kupferplatte befindlichen, Mündungen geschahen.

*) Die Größe U darin durch (4) ausgedrückt.

**) Sie sind in den Mémoires de l'academie in Stockholm bekannt gemacht; eine französische Übersetzung davon findet sich im Journal du génie civil. 7e livrais. 1828.

Durchmesser der Mündung.	Drucküberschuß.	Barometerhöhe.	Temperatur der Luft.	Dauer des Ausflusses.	Volumen der ausgeflossenen Luft.	Werth von m.
Fuße.	Fuße.	Fuße.	Centesimalgrade.	Sec.	Cubikfuße.	
0,1122	1,616	2,545	16	4,5	7,5859	0,6097
	1,209		17	5,25	8,8919	0,6972
	0,5555		16	7,5	7,6547	0,6063
	0,1919		18	13,25	8,086	0,6103
0,080617	1,616	2,305	17	9	8,0819	0,6013
	1,217			10,5	8,037	0,5804
	0,5555		15	15	7,9251	0,5805
	0,2121	2,508	17,5	23,5	8,6635	0,6854
0,041346	1,6059	2,536	20	32	7,3881	0,6098
	1,212		19,5	36,2	7,244	0,6029
	0,5555	2,540	10,5	51,2	6,8875	0,5933
	0,1969			82	6,6251	0,6018

Die Maße sind sämmtlich Schwedisches Maß.

Die zweite Columne, welche Drucküberschuß überschrieben ist, giebt die Höhe der Wassersäule an, welche den Überschuß des Drucks im Innern des Gefäßes, aus dem die Luft ausfloß, über den äußern Druck, der durch die Barometerhöhe gemessen wurde, maß. Zur Berechnung dieser Versuche muß man zuerst die mit k bezeichnete Quantität (S. 87 und 136) bestimmen, indem man den Schwedischen Fuß als Lineareinheit annimmt. Diese Größe ist nach S. 87:

$$k = g \varpi \eta \frac{(1 + 0{,}00375\ \nu.)}{\Pi}$$

Man findet in der Abhandlung von Lagerhielm, daß die Geschwindigkeit, welche schweren Körpern in 1 Secunde eingepflanzt wird, und welche in Metern $9^m{,}809$ beträgt, in Schwedischen Fußen 33,068 Fuß ist; wonach (unter Vernachlässigung des Unterschiedes von g zwischen Schweden und Paris) die Barometerhöhe $0{,}76^m$, bei welcher der Cubikfuß Luft 1,3 Kil. bei 0° wiegt, gleich 2,562 Fuß ist. Setzt man also in vorstehender Formel $g = 33{,}068$, $\eta = 2{,}562$, $\varpi = 13568$, $\Pi = 1{,}3$, so findet man

$$k = 1149300\ \frac{1 + 0{,}00375 . \nu}{1{,}3}$$

mittelst welchen Ausdrucks man leicht den jedem Versuche zukommenden Werth von k nach der beobachteten Temperatur bestimmen wird. Darauf wird man die in der zweiten Columne angeführten Wasserhöhen auf Quecksilberhöhen, nach dem Verhältniß der specifischen Gewichte beider Flüssigkeiten reduciren, und sie zu den, in der dritten Columne angeführten, Ba-

in dem ganzen Theile EFDC der Röhre besteht. Befindet man in dem Falle der Fig. 27, so geht der Druck von AB nach EF rthe P in den Werth P″ über, der in der Fig. 27 dem Punkt M″ t, der in demselben Abstande von der Axe op als der Punkt M′ nd dieser Druck P″ besteht ebenfalls von EF bis zum äußersten nitt CD, wo der Druck plötzlich vom Werthe P″ in den Werth P′ , der außerhalb des Gefäßes Statt hat.

eiter Fall. Der Eingang der an die ebene Fläche des Reservoirs cylindrischen Röhre ist nicht evasirt, Fig. 33.

diesem Falle gilt das unter F und G Erörterte, in folgender Art bt. Man nimmt an, daß der Gasstral, welcher durch den Quer- F hindurchgegangen ist, und sich zusammengezogen hat, sich plötz- r H ausbreitet. Man wird mithin in den Formeln (12) bis (14) n A anstatt A schreiben, dann A = A′ = Ω′ machen. Setzt rdies Ω′ sehr klein in Verhältniß zu Ω, so hat man hier statt hung (12) folgende:

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 + \left(\frac{P'}{mB} - \frac{P'}{B'}\right)^2}}$$

att der Gleichung (13) folgende:

$$\frac{\log. \frac{P}{B}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{1}{m^2 B^2}}{\frac{1}{P'^2} + \left(\frac{1}{mB} - \frac{1}{B'}\right)^2}$$

$$\frac{\log. \frac{P}{B'}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{1}{B'^2} + \left(\frac{1}{mB} - \frac{1}{B'}\right)^2}{\frac{1}{P'^2} + \left(\frac{1}{mB} - \frac{1}{B'}\right)^2}$$

3 und B′ respectiv die Druckkräfte bezeichnen, welche in den Quer- ef und GH Statt haben. Die letzte dieser Gleichungen giebt P′, so daß der Druck im Querschnitt GH, wie sich erwarten ließ, em äußeren Druck ist, der im äußersten Querschnitte CD Statt ufolge dieses Resultates werden die beiden andern Gleichungen re- werden:

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 + \left(\frac{P'}{mB} - 1\right)^2}} \qquad (20)$$

$$\frac{\log. \frac{P}{B}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P'^2}{m^2 B^2}}{1 + \left(\frac{P'}{mP} - 1\right)^2} \qquad (21)$$

Allgemeinen zu große Resultate giebt, die sich jedoch im Fall der hier in Rede stehenden Versuche ohne merklichen Irrthum anwenden lassen, wegen der geringen Differenz des inneren und äußeren Drucks.

Die hier für m erhaltenen Werthe übertreffen merklich den aus Lagerhielm's Versuchen abgeleiteten Werth. Doch verdienen des letztern Versuche vielleicht mehr Zutrauen, da sie meist unter viel größeren Druckkräften angestellt worden sind. Auch verdient Bemerkung, daß die Mündungen bei d'Aubuisson's Versuchen nicht unmittelbar in der Wand des Gasometers geöffnet waren, sondern in einer Platte, welche das Ende einer kleinen Röhre von $0^m,08$ Durchmesser und $0^m,027$ Länge, die in dieser Wand eingepflanzt war, bildete. Dieser Umstand muß die äußere Zusammenziehung vermindert haben, zu welchem Schluß man sich um so mehr aufgefodert sieht, da die Werthe von m von 0,63 bis 0,673 zunehmen, während zugleich der Durchmesser der Mündung von $0^m,01$ bis $0^m,03$ zunimmt; d. h. während zugleich der Unterschied zwischen dem Durchmesser der Mündung und dem des Röhrentheils, der eine Art Mundstück diesseits dieser Mündung bildet, abnimmt.

E) Wenn in irgend einem Theile des Gefäßes ein Sprung in dem Druck, welcher zugleich einen in der Geschwindigkeit voraussetzt, Statt findet, so gelten von dem Theile an, wo dies der Fall ist, die vorigen Formeln nicht mehr, sondern müssen durch andere ersetzt werden, die wir jetzt kennen lernen wollen. (Vergl. Bedingung 6.)

Gesetzt, es sei im Gefäß ABCD (Fig. 30) eine Querscheidewand befindlich, welche die Flüssigkeit nöthigt, in den Querschnitt EF zu treten, auf welchen unmittelbar der größere Querschnitt GH folgt. Es wird angenommen, vor dem Querschnitt EF gehe eine Art Mundstück voraus, so daß die Gasstralen zu diesem Querschnitt alle in Richtungen, welche mit der Axe parallel sind, anlangen, daß mithin die Bedingung (4) in Bezug auf diesen Querschnitt erfüllt sei. Unter Beibehaltung der übrigen, S. 142 angegebenen, Bezeichnungen hieße A die Area des Querschnittes EF.

A′ die Area des Querschnittes GH.

B der Werth des Druckes, welcher im Querschnitt EF Statt hat.

B′ der Werth des Druckes, der im Querschnitt GH Statt hat.

Unter diesen Voraussetzungen muß man von EF bis CD die Formel (1) durch folgende ersetzen:

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2} + \left(\frac{P'\,\Omega'}{B\,A} - \frac{P'\,\Omega'}{A'\,B'}\right)^2}} \qquad (12)$$

Substituirt man den durch (21) [illegible] die Druck[illegible] findet man dadurch die Ausflußgeschwindigkeit [illegible]. Es [illegible]

Gesetzt der Druck P übertreffe [illegible] aus[illegible] wird der Druck B sehr wenig [illegible] $P = P' (1 + \alpha)$, $B = P' (1 + [illegible]$ [illegible] Gefäßen in den [illegible] die Gleichung (21) unter Vernachlä[illegible] Potenzen von α und ε, so wird [illegible] zu Ende der Zeit

ε [illegible]

d. i. [illegible] der Gestalt, welche [illegible] annehmen: 1) daß die [illegible]

$B = P' [illegible]$ [illegible] Druckdifferenz von p und p' [illegible]

welcher Werth in [illegible] wenn diese Druckkräfte [illegible] Verhältniß m den [illegible] nämlichen Druckkräfte in [illegible] Ausdehnung der beiden Gefäße [illegible]

[illegible] von dem wirklichen Verhältniß [illegible]

Es erhellt aus [illegible] Statt hat, wenn ein Gefäß, [illegible] immer kleiner [illegible] eine kleine Mündung entleert, in [illegible] hat. [illegible] Geschwindigkeit, welche [illegible] ferenz zwischen [illegible] Augenblicke als abhängig [illegible] von B in den [illegible] im Gefäße und dem Druck in [illegible] Ausdehn[illegible] [illegible], wie er Statt haben würde, [illegible] Hiernach wird das Volumen der [illegible] [illegible] Zeit dt aus dem ersten Gefäße [illegible] ausgedrückt werden durch

$$[illegible] \sqrt{2k \log \frac{P}{P'}}$$

[illegible] Gefäße genau im Verhältniß [illegible] [illegible] zum Totalvolumen [illegible]

$$[illegible] \frac{[illegible]}{p} \sqrt{2k \log \frac{P}{P'}}$$

$$[illegible] \frac{[illegible] dp}{2k (\log p - \log p')} \qquad (24)$$

[illegible] beiden Gefäßen enthaltene Gasmasse [illegible]

$$[illegible] = A p + A' p'$$

[illegible] letzten Gleichung hergeleiteten, Wer[illegible] [illegible]

$$[illegible] \frac{[illegible] A' . dp}{[illegible] 2k [\log [A(P-p) + A'P'] + \log A']} \qquad (25)$$

substituiren haben, worin m das Bruchverhältniß der Area von EF und ... ef bezeichnet.

G) Die Formeln (12) und (14) gestatten auch eine Anwendung auf ... Fälle, wo ein Sprung in der Geschwindigkeit vermöge einer bloßen Einschnürung des Gefäßes, wie in Fig. 28 und 29 eintritt *).

In diesem Falle setze man in diesen Formeln $A = A'$ und für B setze man den größeren, für B' den kleinern der beiden Werthe, die sich aus folgender Formel **) für B ergeben würden:

$$\frac{\log.\frac{P}{B}}{\log.\frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2\,\Omega^2}{B^2\,A^2} - 1}{\frac{P^2\,\Omega^2}{P'^2\,\Omega'^2} - 1} \qquad (15)$$

H) Für den Fall, daß in dem Gefäße Fig. 30 die beiden Querschnitte EF, CD sehr klein in Verhältniß zu den Querschnitten AB, GH, sind, gehen (12) und (13) in folgende über.

$$U = \sqrt{\frac{2k\log.\frac{P}{P'}}{1 + \frac{P'^2\,\Omega'^2}{B^2\,A^2}}} \qquad (16)$$

und

$$\frac{\log.\frac{P}{B}}{\log.\frac{P}{P'}} = \frac{1}{\frac{B^2\,A^2}{P'^2\,\Omega'^2} + 1}$$

$$\frac{\log.\frac{P}{B'}}{\log.\frac{P}{P'}} = \frac{1}{\frac{B^2\,A^2}{P'^2\,\Omega'^2} + 1} \qquad (17)$$

Da die zweiten Glieder letzterer Gleichung identisch sind, so folgt, daß man hier $B = B'$ hat. Mithin ändert sich in dem besondern Fall, von dem hier die Rede ist, der Druck des Gases bei seinem unmittelbaren Übergange vom Querschnitt EF in den Querschnitt GH um keine merkliche Quantität. Man kann sich außerdem überzeugen, daß der Werth von B oder B', den die Gleichungen (17) geben, immer größer sein wird, als der äußere Druck P', und diesem Druck nur dann gleich werden würde, wenn der Querschnitt EF, dessen Area mit A bezeichnet ist, ausnehmend klein

*) Eine Einschnürung bringt nicht nothwendig einen solchen Sprung mit sich, sondern bloß unter gewissen Verhältnissen, die sich nach der frühern Erörterung der Formel (8) ergeben.

**) Die nachstehende Formel ergiebt sich, wenn man in Formel (13) $A = A'$ und $B = B'$ setzt. Sie ist auch in dem Fall einer Einschnürung gültig, wenn ein Sprung daselbst Statt hat, wofern man nur dann für B' den größeren der beiden Werthe nimmt, die durch obige Gleichung gegeben werden, welcher Werth identisch ist mit dem durch Gleichung (6) gegebenen.

Punkte eines und desselben Querschnittes vermindert, und mithin ein zu hohes Resultat giebt, welches man mit dem Mittel derer vergleichen muß, die in den verschiedenen Theilen dieses Querschnittes beobachtet wurden.

Andere von d'Aubuisson herrührende Versuche, welche in dem [illegible] Bande der Annales des Mines enthalten sind, haben Resultate geliefert, die in folgender Tabelle dargestellt sind:

Durchmesser des Ansatzrohrs.	Länge des Ansatzrohrs.	Drucküberschuß.	Werth des Verhältnisses μ
Meter.	Meter.	Meter. Meter.	
0,01	0,04	0,027 bis 0,0060	0,981
0,015	0,045	0,027 — 0,032	0,984
0,02	0,06	0,035 — 0,056	0,916
0,03	0,18	0,035 — 0,055	0,953
0,022	0,022		0,917
	0,045		0,934
	0,060		0,832
	0,325		0,738

Der Werth des Coefficienten μ ist für die Versuche, bei welchen die Länge der Röhre den Durchmesser nicht drei- bis viermal überschreitet, 0,935. Das auf die Röhre, bei welcher die Länge sieben- bis achtmal so groß als der Durchmesser ist, bezügliche Resultat liegt zwischen den Resultaten der ersten Versuche d'Aubuisson's mitten inne, bei welchen das Verhältniß ungefähr dasselbe war, und stimmt mithin, gleich diesen, mit der vorstehenden Theorie überein. Die anderen Versuche führen zu größeren Werthen von μ, als aus dieser Theorie nach der Annahme hervorgehen würde, daß sich der Strahl beim Eintritt des Ansatzrohrs im Verhältniß von 1 : 0,62 zusammenzieht, d. h. daß m = 0,62 ist, wie in der Formel (27) angenommen worden. Diese Verschiedenheit kann zum Theil durch den S. 150 erwähnten Umstand erklärt werden, zufolge dessen die Zusammenziehung beim Eintritt des Ansatzrohres geringer sein mußte, als sie gewesen wäre, wenn der Mündung nicht eine Art Mundstück vorausgegangen wäre. In der That muß der Werth des Verhältnisses μ hier ausnahmsweise wenig von dem abweichen, welchen die Formel

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}}$$

geben würde. Diese läßt finden μ = 0,85, wenn man darin m = 0,62 setzt. Setzt man aber darin m = 0,65, welcher Werth direct aus den Versuchen d'Aubuisson's hervorgeht, die mit demselben Apparate an

ner Öffnung in einer dünnen Wand angestellt waren, wie S. 149 angegeben worden, so wird dieselbe Formel $\mu = 0{,}88$ geben, welches Resultat nicht mehr so weit von dem durch den Versuch gefundenen Werthe abweicht. Da überdies die in Rede stehenden Versuche mit sehr kleinen Druckübeschüssen angestellt wurden, so scheint es, daß man in Erwartung mehrerer und mehr abgeänderter Versuche die vorige Theorie als gültig anerkennen und den Ausdruck (23) zur Bestimmung des Verhältnisses μ anwenden kann.

D'Aubuisson hat auch Versuche über conische Ansatzröhren angestellt, deren Resultate in folgender Tabelle enthalten sind:

Durchmesser des Ansatzrohrs an der Basis.	Durchmesser des Ansatzrohrs an der Mündung.	Länge des Ansatzrohrs.	Innerer Druck.			Werth des Verhältnisses μ.
Meter.	Meter.	Meter.	Meter.		Meter.	
0,02	0,01	0,04	0,05	bis	0,12	0,927
0,03	0,015	0,045	0,028	—	0,12	0,917
0,04	0,02	0,06	0,027	—	0,06	0,936
0,06	0,03	0,08	0,04	—	0,05	0,933
0,02	0,015	0,045	0,028	bis	0,12	0,938
0,03						0,917
0,06						0,798
0,02		0,025				0,947

Die Resultate der in Bezug auf ein cylindrisches Ansatzrohr gegebenen Erörterungen können im Allgemeinen keine Anwendung auf ein kegelförmiges Ansatzrohr finden, weil die drei Querschnitte EF, GH, CD (Fig. 5) nicht mehr unter einander gleich sind und weil eine größere Contraction des Strals jenseits des äußersten Querschnitts CD Statt findet. Da jedoch bei fast allen vorstehenden Versuchen die Neigung der Seitenfläche des Kegels gegen die Axe sehr klein war, so würden allerdings hier die, für cylindrische Ansatzröhren geltenden, Resultate ohne merklichen Irrthum ihre Anwendung finden können, wobei dieselben Bemerkungen Platz finden würden, als so eben bei den cylindrischen Ansatzröhren gemacht wurden.

Vom Ausflusse eines Gases aus einem Gefäße in ein anderes durch eine kleine Mündung. Es seien zwei Gefäße von rechtwinkliger Gestalt, welche durch eine kleine Mündung mit einander communiciren und eine, in dem ersten Gefäße enthaltene, gasförmige Flüssigkeit fließe in das zweite durch diese Mündung über. Es seien nun die Druckkräfte und mithin Dichtigkeiten gegeben, welche in einem gewissen Augen-

Substituirt man den durch (21) gegebenen Werth von B in (22) so findet man dadurch die Ausflußgeschwindigkeit.

Gesetzt der Druck P übertreffe sehr wenig den äußeren Druck P′, so wird der Druck B sehr wenig von P′ verschieden sein. Macht man $P = P'(1 + \alpha)$, $B = P'(1 + \varepsilon)$, und substituirt diese Werthe in die Gleichung (21) unter Vernachlässigung des Quadrats und der höhern Potenzen von α und ε, so wird diese Gleichung geben:

$$\varepsilon = -\alpha \frac{2m - 2m^2}{1 - 2m + 2m^2}$$

d. i.

$$B = P' (P - P') \frac{2m - 2m^2}{1 - 2m + 2m^2} \qquad (22)$$

welcher Werth in die Gleichung (20) zu substituiren ist. Giebt man dem Verhältniß m den Werth 0,62, so wird man haben:

$$B = P' - 0,89\,(P - P').$$

Es erhellt aus diesen Resultaten, daß der Druck in dem Querschnitt ef immer kleiner als der äußere Druck P′ ist, welcher von GH bis CD Statt hat. Diese Erniedrigung des äußeren Drucks beträgt ziemlich $\frac{9}{10}$ der Differenz zwischen den Drucken P und P′. Substituirt man den Werth (22) von B in den Ausdruck (21) der Ausflußgeschwindigkeit, so wird dieser Ausdruck einen Werth dieser Geschwindigkeit geben, welcher stets kleiner als

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}}$$

sein und sich um so mehr von dieser Gränze entfernen wird, je größer die Differenz P — P′ ist. Man schließt hieraus, daß die Ausflußquantität hier stets kleiner, als der, mit dem Bruch

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}}$$

multiplicirte Werth (5) ist, welcher einer evasirten Mündung zugehört, und daß die Verschiedenheit mit dem Überschuß des innern, im Gasometer Statt findenden, Drucks über den äußern Druck zunimmt. Nun stellt der vorstehende Druck für den Ausfluß einer tropfbaren Flüssigkeit genau das Verhältniß des Ausflußquantums dar, welches durch eine kleine cylindrische Ansatzröhre Statt findet, zu dem durch eine evasirte Mündung Statt findenden Ausflußquantum, welches Verhältniß constant und unabhängig von dem Drucke, unter welchem der Ausfluß geschicht, ist. Wir finden also, daß bei einer elastischen Flüssigkeit der Ausfluß durch eine enge cylindrische Ansatzröhre mit dem einer tropfbaren Flüssigkeit übereinkommt, wenn der Drucküberschuß, welcher den Ausfluß bewirkt, ausnehmend klein ist; daß aber in dem Maße, als die Differenz der Druckextreme zunimmt, das

… wird die Zeit geben, welche
… vom ursprünglichen
… das Gas aus dem
worin der
… für p′ den
… statt der Glei-

$$\ldots g. P')\qquad (26)$$

… man in der Gleichung

… usfluß durch längere

… öhre sehr groß ist, z. B. den
… ist, so lehrt der Versuch, daß
… benen Zeit ausfließen, viel kleiner
… meln ausfallen würden, und überdies,
… Ende der Röhre zum andern abnimmt,
… die Bewegung des Gases hier durch Ur-
… die vorstehende Theorie nicht in Rechnung
… nicht vernachlässigt werden dürfen. Bei den
… ein ähnlicher verzögernder Einfluß Statt fin-
… ine Kraft repräsentirt werden, welche von der Ge-
… eit abhängt und der Ausdehnung der Röhrenwand
… zwar setzt man sie hier, um die Beobachtungen getreu
…, aus zwei Gliedern zusammen, deren eins die erste,
… Potenz der Ausflußgeschwindigkeit enthält. Aus den
… der Gasarten angestellten Versuchen jedoch scheint hervor-
… Ausdruck dieser nämlichen Kraft in den Formeln, welche
… ieses Ausflusses repräsentiren, auf ein einziges, der zweiten
… Geschwindigkeit proportionales, Glied reducirt werden könne,
… im Folgenden geschehen.

Erster Fall. Das Gefäß, durch welches das Gas ausfließt, redu- … sich auf eine horizontale cylindrische Röhre (Fig. 34).

Im ersten Querschnitt AB sey beständig der Druck P, im letzten CD der Druck P′ vorhanden.

Es heiße ferner

Ω die constante Area des Querschnitts der Röhre.
χ der Umkreis dieses Querschnitts.
D sein Durchmesser.
x der Abstand $M\mu$ irgend eines Querschnitts $\alpha\beta$ vom Ende M.
λ die Totallänge MN der Röhre.
u die Geschwindigkeit in einem beliebigen Querschnitt $\alpha\beta$.
U die Ausflußgeschwindigkeit im äußersten Querschnitt CD.

blicke in beiden Gefäßen Statt haben und es werden gesucht die Druckkräfte und Dichtigkeiten, die nach einer beliebigen Zeit Statt haben. Es heiße:

A das Volumen des Gefäßes, aus welchem das Gas austritt.

A′ das Volumen des Gefäßes, in welches das Gas eintritt.

P, P′ die Druckkräfte, welche respectiv in beiden Gefäßen in dem Augenblick, wo man t = o rechnet, Statt haben.

p, p′ die Druckkräfte, die respectiv in beiden Gefäßen zu Ende der Zeit t Statt finden.

Ω′ die Area der Communicationsmündung.

Zufolge der Kleinheit der Mündung Ω′ und der Gestalt, welche beiden Gefäßen beigelegt worden ist, wollen wir annehmen: 1) daß die Ausflußgeschwindigkeit durch Wirkung der Druckdifferenz von p und p′ eben so erzeugt wird, als dies Statt haben würde, wenn diese Druckkräfte sich nicht mit der Zeit änderten; 2) daß diese nämlichen Druckkräfte in einem gegebenen Augenblicke in der ganzen Ausdehnung der beiden Gefäße bestehen. Diese Annahmen können sich nicht merklich von den wirklichen Verhältnissen entfernen und sind analog dem, was Statt hat, wenn ein Gefäß, welches mit Wasser gefüllt war, sich durch eine kleine Mündung entleert, in welchem Falle es erlaubt ist, die veränderliche Geschwindigkeit, welche an dieser Mündung Stadt findet, in jedem Augenblicke als abhängig zu betrachten von der Höhe der Flüssigkeit im Gefäße und dem Druck in allen Theilen des Gefäßes, so angenommen, wie er Statt haben würde, wenn die Flüssigkeit in Ruhe wäre. Hiernach wird das Volumen der Flüssigkeit, welche in der unendlich kleinen Zeit dt aus dem ersten Gefäße ausfließt, zufolge der Formel (5) ausgedrückt werden durch

$$dt\,\frac{p'\,\Omega}{p}\sqrt{2k\log.\frac{p}{p'}}$$

Nun muß sich der Druck im ersten Gefäße genau im Verhältniß des Volumens der Flüssigkeit, die daraus austritt, zum Totalvolumen mindern, man hat mithin das Verhältniß:

$$-\frac{dp}{p}=\frac{1}{A}.\,dt\,.\,\frac{p'\,\Omega'}{p}\sqrt{2k\log.\frac{p}{p'}}$$

woraus man ableitet:

$$dt=-\frac{A\,dp}{p'\,\Omega'\sqrt{2k\,(\log.p-\log.p')}} \qquad (24)$$

In Erwägung aber, daß die in beiden Gefäßen enthaltene Gasmasse immer dieselbe bleiben muß, hat man überdies

$$AP+A'P'=Ap+A'p'$$

und durch Substitution des, aus dieser letzten Gleichung hergeleiteten, Werthes von p′ in die vorigen findet man:

$$dt=-\frac{AA'.\,dp}{\Omega[A(P-p)+A'P']\sqrt{2k\,\{\log.[A(P-p)+A'P']+\log.A'\}}} \quad (25)$$

β ein Coefficient, dessen numerischer Werth so bestimmt werden muß, daß er den Resultaten der Versuche genügt.

π das Verhältniß des Umkreises zum Durchmesser.

Man findet dann folgende Formeln *):

$$U = \sqrt{\frac{\frac{k}{2}\left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log.\frac{P}{P'}}} \qquad (27)$$

Das Gasvolumen, welches in der Zeiteinheit, gemessen unter dem Druck P', ausfließt, ist gleich dem Producte von U in die Area $\frac{\pi D^2}{4}$ des Quer-

*) Die Herleitung ist diese: Wir wollen annehmen, die in $\alpha\beta$ befindliche Schicht werde nach der ihrer Bewegung entgegengesetzten Richtung durch eine Kraft sollicitirt, welche durch $\varrho\xi dx\beta u^2$ repräsentirt wird, insofern man den Werth dieser Kraft proportional setzt der Dichtigkeit ϱ des Gases, der Area ξdx des von der Schicht eingenommenen Wandtheils und dem Quadrat der Geschwindigkeit u. Die Bewegungsgleichung dieser Schicht wird also seyn:

$$-\Omega dp = \varrho\xi dx\beta u^2 + \varrho\Omega dx\frac{du}{dt} \qquad (\alpha')$$

oder, weil $p = k\varrho$

$$-k\frac{dp}{p} = \frac{\xi}{\Omega}dx\beta u^2 + dx\frac{du}{dt} \qquad (\beta')$$

welche Gleichung hier die Gleichung (β) S. 143 Anm. vertritt. Da der Querschnitt des Gefäßes constant ist, so haben wir anstatt der Gleichungen (γ) S. 143 Anm.

$$u = \frac{P'U'}{p}, \quad \frac{du}{dt} = -\frac{P'U}{p^2}\,\frac{dp\,dx}{dx\,dt} \qquad (\gamma')$$

durch Substitution dieser Werthe in die vorige Gleichung, worin man dx durch $u\,dt$ und $\frac{\xi}{\Omega}$ durch $\frac{4}{D}$ ersetzt, findet man:

$$-k\,p\,dp = \frac{4}{D}dx\beta P'^2U^2 - P'^2U^2\frac{dp}{p} \qquad (\delta')$$

was durch Integration giebt:

$$-\frac{1}{2}kp^2 = \frac{4}{D}x\beta P'^2U'^2 - P'^2U^2\log.p. + \text{Const.} \qquad (\varepsilon')$$

Die Constante läßt sich nach der Bemerkung bestimmen, daß man im ersten Querschnitt der Röhre hat $x = o$ und $p = P$, welches giebt:

$$\frac{1}{2}k(P^2 - p^2) = \frac{4x}{D}\beta P'^2U^2 + P'^2U^2\log.\frac{P}{p} \qquad (\zeta')$$

und, da man am entgegengesetzten Ende hat $x = \lambda$, $p = P'$, so zieht man hieraus:

$$\frac{1}{2}k(P^2 - P'^2) = \frac{4\lambda}{D}\beta P'^2U^2 + P'^2U^2\log.\frac{P}{P'} \qquad (\eta')$$

was dann zu der Gleichung (27) führt.

Mithin stimmen die in Rede stehenden Formeln in den beiden äußersten Fällen überein, und die Werthe, die man für die Zwischenfälle daraus ableitet, weichen wenig von einander ab.

Es erhellt übrigens aus dem Vorstehenden, daß beim Ausfluß durch eine cylindrische Röhre von kleiner Länge der Werth der Geschwindigkeit, wenn der Unterschied der äußersten Druckkräfte sehr klein ist, nicht mehr merklich von den respectiven Werthen dieser Druckkräfte abhängt, sondern fast allein vom Verhältniß k der Spannkraft zur Dichtigkeit des Gases.

Es muß bemerkt werden, daß vorstehende Auflösung keine genaue Anwendung für die meisten der Fälle finden kann, welche gewöhnlich bei Gasleitungsröhren vorkommen. In der That, diese Röhren haben gewöhnlich ihren Ausgangspunkt in einem Reservoir oder Gasometer von großem Volumen, das Gas tritt gewöhnlich mit einer Zusammenziehung hinein und entweicht manchmal am andern Ende durch eine Mündung, deren Area kleiner als der Querschnitt dieser Röhre ist. Diese verschiedenen Umstände sind bei dem folgenden Fall mit in Rechnung genommen.

Zweiter Fall. Man betrachte eine horizontale cylindrische Röhre EJKF (Fig. 85), welche an die obere Wand eines Reservoirs angefügt und mit der Mündung CD begränzt ist, deren Austritt evasirt ist. Der Querschnitt AB des Reservoirs, in welchem der Druck P ist, werde immer mit Ω, und der Querschnitt CD der Ausflußmündung, wo der Druck P′ ist, mit Ω' bezeichnet. Man setze (wie schon früher), daß beim Eintritt der Gasstrahl, nachdem er sich zu ef zusammengezogen hat, sich plötzlich zu GH erweitert, und bezeichne mit B und B′ die Druckkräfte, die respectiv in den Querschnitten ef und GH Statt haben. Es heiße P_1 der Druck, welcher im Querschnitte JK am Ende des Rohrs unmittelbar vor der Ausflußmündung hergeht. Übrigens bleiben dieselben Benennungen als vorher. Dann findet man durch gehörige Ableitung: *)

$$2\,k \log.\frac{P}{P'} = U^2\left[\frac{2\beta\xi\lambda}{\omega}\;\frac{P'^2\,\Omega'^2}{(B'^2-P_1^2)\,\omega^2}.\,2\log.\frac{B'}{P_1}+1-\frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2} + \left(\frac{P'\,\Omega'}{Bm\omega}\;\;\frac{P'\Omega'}{B'\omega}\right)^2\right] \qquad (33)$$

worin ω und ξ respectiv die Area und den Umkreis des constanten Durchschnitts der Röhre bezeichnen.

Diese Gleichung kann zur Bestimmung der Ausflußgeschwindigkeit U dienen, wenn die Druckkräfte B, B′ und P_1, welche respectiv in den Querschnitten ef, GH und JK Statt haben, bekannt sind.

Zur Bestimmung von B, B′ und P_1 führen folgende Gleichungen:

$$2\,k \log.\frac{P}{B} = U^2\left(\frac{P'^2\,\Omega'^2}{B^2.m^2\,\omega^2} - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}\right) \qquad (34)$$

*) Mém. de l'Acad. VII. p. 363.

bei bemerken, daß, wenn man $\Omega = \Omega'$ in der Formel (1) setzt, sich für den Ausdruck der Ausflußgeschwindigkeit ergiebt:

$$U = \sqrt{\frac{2\,k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2}{P^2}}}$$

welcher Ausdruck einer Röhre von beliebiger Gestalt zwischen den beiden äußersten Querschnitten, wofern nur diese Querschnitte gleich sind, angehört. Dies Resultat scheint sonach für den besondern Fall einer cylindrischen Röhre anwendbar seyn zu müssen, welche hinreichend kurz ist, daß man von dem Widerstande abstrahiren kann, der von Reibung der Flüssigkeit gegen die Wand abhängt. Jedoch die Formel (27), welche durch directe Betrachtung dieses Falls gefunden worden ist, hat zur Gränze, wenn λ immer kleiner wird, den davon verschiedenen Ausdruck

$$U = \sqrt{\frac{\frac{k}{2}\left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)}{\frac{1}{1} - \log. \frac{P}{P'}}}$$

Diese Discordanz zeigt an, daß durch Zuziehung einer verzögernden Kraft, welche von Reibung der Flüssigkeit an der Wand abhängt, die Natur der Bewegung des Gases wesentlich geändert wird. In der That wird bei Beiseitlassung dieser Kraft der Werth des Drucks im Rohre durch die Gleichung (6) gegeben, wenn man darin $\omega = \Omega' = \Omega$ setzt. Man wird sich dann immer im Fall der Fig. 27 befinden, wie leicht zu ersehen ist. Der Druck wird seine Größe im Querschnitte A B (Fig. 34) plötzlich ändern und in der ganzen Ausdehnung der Röhre dem äußern Drucke P′ gleich seyn. Im Fall der Zuziehung jener Kraft dagegen wird der Werth des Drucks in der Röhre durch die Formel (32) gegeben werden, welcher anzeigt, daß dieser Druck progressiv von einem Ende der Röhre nach dem andern hin abnimmt. Das Gas fließt sonach nicht in beiden Fällen auf die nämliche Weise aus und man darf sich nicht wundern, daß man für jeden derselben verschiedene Ausdrücke der Geschwindigkeit erhält.

Diese Ausdrücke stimmen übrigens darin überein, daß sie $U = \infty$ geben, wenn der Druck P′ ausnehmend klein in Verhältniß zu P ist. Auch nähern sich die aus beiden abzuleitenden Werthe um so mehr der Identität, je kleiner der Unterschied der Druckkräfte P, P′ wird. In der That, setzt man $P = P'(1 + \alpha)$, wo α einen sehr kleinen Bruch bedeutet, so hat man

$$\log. \frac{P}{P'} = \alpha, \quad \frac{P^2}{P'^2} = 1 + 2\alpha$$

und findet durch Substitution dieser Werthe in die beiden vorstehenden Formeln respectiv:

$$U = \sqrt{k(1 + 2\alpha)}, \quad U = \sqrt{k}$$

Mithin stimmen die in Rede stehenden Formeln in den beiden äußersten Fällen überein, und die Werthe, die man für die Zwischenfälle daraus ableitet, weichen wenig von einander ab.

Es erhellt übrigens aus dem Vorstehenden, daß beim Ausfluß durch eine cylindrische Röhre von kleiner Länge der Werth der Geschwindigkeit, wenn der Unterschied der äußersten Druckkräfte sehr klein ist, nicht mehr merklich von den respectiven Werthen dieser Druckkräfte abhängt, sondern fast allein vom Verhältniß k der Spannkraft zur Dichtigkeit des Gases.

Es muß bemerkt werden, daß vorstehende Auflösung keine genaue Anwendung für die meisten der Fälle finden kann, welche gewöhnlich bei Gasleitungsröhren vorkommen. In der That, diese Röhren haben gewöhnlich ihren Ausgangspunkt in einem Reservoir oder Gasometer von großem Volumen, das Gas tritt gewöhnlich mit einer Zusammenziehung hinein und entweicht manchmal am andern Ende durch eine Mündung, deren Area kleiner als der Querschnitt dieser Röhre ist. Diese verschiedenen Umstände sind bei dem folgenden Fall mit in Rechnung genommen.

Zweiter Fall. Man betrachte eine horizontale cylindrische Röhre EJKF (Fig. 85), welche an die obere Wand eines Reservoirs angefügt und mit der Mündung CD begränzt ist, deren Austritt evasirt ist. Der Querschnitt AB des Reservoirs, in welchem der Druck P ist, werde immer mit Ω, und der Querschnitt CD der Ausflußmündung, wo der Druck P' ist, mit Ω' bezeichnet. Man setze (wie schon früher), daß beim Eintritt der Gasstrahl, nachdem er sich zu ef zusammengezogen hat, sich plötzlich zu GH erweitert, und bezeichne mit B und B' die Druckkräfte, die respectiv in den Querschnitten ef und GH Statt haben. Es heiße P_1 der Druck, welcher im Querschnitte JK am Ende des Rohrs unmittelbar vor der Ausflußmündung hergeht. Übrigens bleiben dieselben Benennungen als vorher. Dann findet man durch gehörige Ableitung: *)

$$2\,k\log.\frac{P}{P'} = U^2\left[\frac{2\beta\xi\lambda}{\omega} - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{(B'^2-P_1^2)\,\omega^2}\cdot 2\log.\frac{B'}{P_1} + 1 - \frac{P'^2\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2} + \left(\frac{P'\,\Omega'}{Bm\omega} - \frac{P'\Omega'}{B'\omega}\right)^2\right] \qquad (33)$$

worin ω und ξ respectiv die Area und den Umkreis des constanten Durchschnitts der Röhre bezeichnen.

Diese Gleichung kann zur Bestimmung der Ausflußgeschwindigkeit U dienen, wenn die Druckkräfte B, B' und P_1, welche respectiv in den Querschnitten ef, GH und JK Statt haben, bekannt sind.

Zur Bestimmung von B, B' und P_1 führen folgende Gleichungen:

$$2\,k\log.\frac{P}{B} = U^2\left(\frac{P'^2\,\Omega'^2}{B^2.m^2\,\omega^2} - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}\right) \qquad (34)$$

*) Mém. de l'Acad. VII. p. 368.

$$[illegible] = U^2\left[\frac{P'^2\Omega'^2}{B'^2\omega^2} - \frac{P'^2\Omega'^2}{P^2\Omega^2} + \left(\frac{P'\Omega'}{B.m\omega} - \frac{P'\Omega'}{B'\omega}\right)\right] \quad (35)$$

$$2k\log [illegible] = U^2\left[\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega}\cdot\frac{P'^2\Omega'^2}{(B'^2-P_1^2)\omega}\cdot 2\log\frac{B'}{P_1} + \frac{P'^2\Omega'^2}{P_1^2\omega^2} - \frac{P'^2\Omega'^2}{P^2\Omega^2} + \left(\frac{P'\Omega'}{B.m\omega} - \frac{P'\Omega'}{B'\omega}\right)^2\right] \quad (36)$$

Allgemein hat man zur Bestimmung des Drucks p für den Querschnitt ω im Intervall EeF

$$2k\log\frac{P}{p} = U^2\left(\frac{P'^2\Omega'^2}{p^2\omega^2} - \frac{P'^2\Omega'^2}{P^2\Omega^2}\right)$$

im Intervall zwischen GH und CD aber

$$2k\log\frac{P}{p} = U^2\left[\frac{2\beta [illegible]}{[illegible]} [illegible] \log\frac{B'^2}{B'^2-(B'^2-P_1^2)\frac{x}{\xi}} + \frac{P'^2\Omega'^2}{p^2\omega^2} - [illegible] \frac{\Omega'}{[illegible]\omega} - \frac{P'\Omega'}{B'\omega}\Big)^2\right] \quad (38)$$

Bei den bekannten Versuchen [illegible] meisten der Anwendungen, die sich darbieten können, ist der über[illegible]es innern Drucks P über den äußern Druck P' eine sehr kleine G[illegible] Verhältniß zum Werthe dieser Druckkräfte. Ferner ist die Area ω [illegible] Querschnitts der Leitungsröhre sehr klein im Verhältniß zur Area [illegible]es Querschnitts des Reservoirs, welches das Gas liefert. Vernachlä[illegible] wir demnach den Theil (terme) welcher Ω' im Nenner enthält, [illegible] wir $P = P'(1+\alpha)$, $B = P'(1+\varepsilon)$, $B' = P'(1+\varepsilon')$, $P_1 = P'(1+\alpha_1)$, von $\alpha, \varepsilon, \varepsilon', \alpha_1$ sehr kleine Bruchtheile sind, deren Quadrat und höhere Potenzen sich vernachlässigen lassen, so werden die Gleichungen (34), (35), (36) und (38) respectiv zu folgenden führen:

$$\alpha - \varepsilon = \frac{\alpha}{\left[\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega} + \frac{\omega^2}{\Omega'^2} + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2\right] m^2} \quad (39)$$

$$\alpha - \varepsilon' = \alpha\,\frac{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)}{\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega} + \frac{\omega^2}{\Omega'^2} + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2} \quad (40)$$

$$\alpha - \alpha_1 = \alpha_1\,\frac{\frac{2\beta\xi\lambda}{\omega} + 1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}{\frac{\omega^2}{\Omega'^2} - 1} \quad (41)$$

$$U = \frac{\omega}{\Omega'}\sqrt{\frac{2k\alpha}{\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega} + \frac{\omega^2}{\Omega'^2} + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}} \quad (42)$$

welcher Gleichungen man die Ausflußgeschwindigkeit und Druckkräfte verschiedenen Theilen der Röhre bestimmen kann.

ie ersten experimentalen Untersuchungen, welche über den Ausfluß der en Flüssigkeiten bekannt sind, und die erforderlichen Elemente darum die vorstehende Theorie zu bewähren und den Werth des Coef- β zu bestimmen, sind die, welche von Girard angestellt worden nd deren Resultate sich in T. V. (1821—1822) der Mém. d. l'Acad.

Diese Versuche bestanden in Beobachtung des Gasvolumens, wel- einer gegebenen Zeit durch eine Leitungsröhre ausfloß, die von einem ter ausging und an ihrem Ende ganz offen war. Um auf diesen n Ausdruck der Formel (42) anzuwenden, muß man erstlich $\omega = \Omega'$ dann in Betracht ziehen, daß, da die Länge der Leitungsröhre sehr Verhältniß zu ihrem Durchmesser war, im Renner des Bruches, unter dem Radical befindet, die beiden letzten Termen vernachlässigt können. Man hat sonach

$$U = \sqrt{\frac{k D \alpha}{4 \beta \lambda}}$$

Ausdruck der Ausflußgeschwindigkeit am Ende der Röhre, wo D chmesser der Leitungsröhre bedeutet. Um das Gasvolumen zu haben, in der Zeiteinheit ausgeflossen ist (dies Volumen unter dem im Ga- Statt findenden Druck gemessen), muß man vorstehenden Ausdruck Area des Querschnitts der Röhre und dem Verhältniß $\frac{P'}{P}$ des nd äußern Drucks multipliciren. Man wird also für das in Rede Volumen erhalten, wenn man für α seinen Werth $\frac{P - P'}{P'}$ setzt,

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{P'}{P} \sqrt{\frac{k D}{4 \beta \lambda} - \frac{P - P'}{P'}} \qquad (43)$$

nen wir ζ die Höhe der Gassäule, unter dem Druck P' betrachtet, ewicht den Überschuß P — P' des im Gasometer Statt findenden über den äußern Druck hervorbringen könnte, so wird man haben

$$g \frac{P'}{k} \zeta = P - P'$$

hin $k = g \zeta \frac{P'}{P - P'}$. Mithin kann die Formel (43) die Form :

$$V = \frac{\pi D^2 P'}{4 P} \sqrt{\frac{g D \zeta}{4 \beta \lambda}}$$

rard hat gezeigt, daß die Resultate seiner Versuche repräsentirt können, wenn man für den Ausdruck des Ausflußquantums in der eit die Formel

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{g D \zeta}{4 \beta \lambda}}$$

nimmt, welche sich von der vorstehenden blos darin unterscheidet, daß das Verhältniß $\frac{P'}{P}$ durch die Einheit ersetzt ist. Offenbar ändert diese Verschiedenheit die Natur des Ausdrucks nicht, um den es sich handelt, und es geht daraus blos hervor, daß die von Girard bestimmten Werthe von β mit $\frac{P'^2}{P^2}$ multiplicirt werden müssen, um mit der vorstehenden Theorie zu harmoniren.

Bei allen Versuchen Girards wurde der Überschuß des Drucks, welcher im Gasometer Statt hatte, über den äußern Druck durch eine Wassersäule von 0m,03383 Höhe gemessen. Dieser Überschuß ist klein genug, daß die Differenz des Verhältnisses $\frac{P'^2}{P^2}$ von der Einheit unterhalb $\frac{7}{1000}$ fällt. Man kann also hier die Modification vernachlässigen, welche in andern Fällen mit dem Werthe von β vorgenommen werden müßte. Diese Werthe sind in folgender Tabelle enthalten:

Beschaffenheit des Gases	Durchmesser der Röhre	Länge der Röhre	Werthe von β	Mittlere Werthe von β
	Meter	Meter		
Atmosphärische Luft . .	0,08121	128,8 375,8 622,8	0,005579 0,005309 0,005975	0,005621
Gekohltes Wasserstoffgas	. . . . . .	128,8 375,8 622,8	0,005516 0,005539 0,005854	0,005636
Atmosphärische Luft . .	0,01579	36,91 55,91 88,06 111,24	0,003307 0,002804 0,002977 0,003317	0,003126
		37,53 56,84 85,06 109,04 126,58 6,58	0,003279 0,002992 0,002879 0,00343 0,003362 0,003486	0,003246
Gekohltes Wasserstoffgas	. . . . . .	37,53 56,84 85,06 109,04 126,58	0,003182 0,003032 0,003067 0,003503 0,003314	0,00321[illegible]

Es geht aus diesen Resultaten hervor, daß die Gesetze des Ausflusses ner elastischen Flüssigkeit für eine Röhre von gegebenem Durchmesser ge-au durch die Formel (43) repräsentirt werden können, wenn dieser Aus-uß unter einem geringen Drucküberschuß erfolgte. Es scheint ferner, daß e Beschaffenheit des Gases keine Änderung im Werthe der Constante β rvorbringt. Dagegen geben die in Rede stehenden Versuche verschiedene Werthe für diese Constante, je nachdem man eine Röhre von $0^m,08121$ urchmesser oder eine viel engere Röhre von blos $0^m,01579$ Durchmesser wendete. Indeß ist guter Grund zu der Annahme da, daß diese Ver-iedenheit in dem Werthe von β nicht von einem Fehler der Theorie ab-ngt, sondern vielmehr irgend einem Hinderniß der Bewegung des Gases, lches in der ersten Röhre Statt fand, beigemessen werden muß. Denn e folgenden Versuche von d'Aubuisson geben auch für Röhren von 10 Meter Durchmesser einen Werth von 0,00328 für β, wie wir bald hen werden.

Man findet in den Ann. des Mines, 2e serie, 3e livr. andre sehr hlreiche Versuche über die Bewegung der Luft in Leitungsröhren, welche 1 J. 1823 von d'Aubuisson angestellt worden sind. Bei einigen war e Leitungsröhre an ihrem Ende ganz offen, andremal war sie zum Theil rschlossen, so daß das Gas durch konische Mündungen von kleinerm Durch-esser, welche an die Leitungsröhre angefügt wurden, ausfloß. Es wurden e Höhen mehrerer Manometer beobachtet, welche an verschiedenen Stellen r Leitungsröhre angebracht waren, und namentlich die der äußersten Ma-ometer, deren eins auf der Wanne des Gebläses (machine soufflante), 1s welchem die Leitungsröhre entsprang, das andre am Ende dieser Röhre, nmittelbar vor der Mündungsröhre (buse), an welche die Ausflußmündung efügt war, angebracht war. Man war bei den in Rede stehenden Ver-ichen nicht im Besitz der Mittel, mit hinlänglicher Genauigkeit die Quan-täten Luft zu bestimmen, welche in einer gegebenen Zeit ausflossen; wenn ıan jedoch mit einer Leitungsröhre operirte, die zum Theil am Ende ver-hlossen war, so konnte die gleichzeitige Beobachtung der am Ausgangs-unkte und am Ende der Leitungsröhre vor der Ausflußmündung ange-rachten Manometer für die Kenntniß des Ausflußquantums suppliren und ie Mittel darbieten, aus der Beobachtung die Bestimmung des mit β be-eichneten unbekannten Coefficienten abzuleiten. In der That es seyen H nd H_1 die Höhen der beiden Manometer, welche den Überschuß der oben it P und P_1 bezeichneten innern Druckkräfte über den äußern Druck P' essen. Offenbar werden die Höhen H und H_1 in demselben Verhältnisse itereinander stehen, als die oben mit α und α_1 bezeichneten Brüche. Man ird also statt der Gleichung (41) schreiben können:

$$H - H_1 = H_1 \frac{\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega} + 1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}{\frac{\omega^2}{\Omega'^2} - 1}$$

nimmt, welche sich von der vorstehenden ... $\frac{\Omega^2}{\omega^2}$

Verhältniß $\frac{P'}{P}$ durch die Einheit ... $H_2 = H_2$ ... $1 - \frac{\Omega'^2}{\omega^2}$

benheit die Natur das Ausdruckes ... man D den Durchmesser

geht ... des Querschnitts

mit $\frac{P'^2}{P^2}$ multiplicirt werden

zu harmoniren.

$$\frac{H - H_1}{H_1} \cdot \frac{D^5}{\lambda D'^4} \left(1 - \frac{D'^4}{D^4}\right)$$

Bei allen Versuchen ... und (45) sind denen ähnlich, ... im ... angewandt hat (e... säule von ... Höhe ... à Mines). Sie untersch... die Differenz des Factors $1 - \frac{\Omega'}{\omega^2}$ oder $1 - \frac{D'^4}{D^4}$, fällt ... man kann also ... von d'Aubuisson weg... den Fällen mit ... dieses Factors in den in ... Werthe ... wenn man in Erwägung zieh... ... ganz offen annimmt, ... Beschaffenheit der ... welcher Bedingung die vorstehenden ... Gesetze leisten würden, wenn der Nenner 1 - ... würde.

Außerdem versteht sich, daß, wenn der Eintritt ... ...afsirt wäre, so daß eine äußere Contraction ... dem Coefficienten m multipliciren müßte.

... den Versuchen von d'Aubuisson war die Au... Kegel gebildet, die an das Ende einer Ausfluß... ... zwischen der Seitenfläche und Axe dieser Keg... ... klein und man kann hier die äußere Contract... ... mußte doch die Bewegung der Luft beim Austrit... ... Art nothwendig verändert werden, und m... ... in Rücksicht nehmen, indem man nach den ... annimmt, daß ihr Effect einer Verminderung ... im Verhältniß von 0,94 zur Einheit nahe gleich ... ...rohres etwas größer als der mittlere Durchm... ... Statt hatte. Hiernach wird die Gleichung (45

$$\ldots = \frac{H - H_1}{H_1} \cdot \frac{D^5}{\lambda (0{,}94)^2 D'^4} \left(1 - (0{,}94)\right.$$

... d'Aubuisson die Gleichung

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1} \cdot \frac{D^5}{\lambda D'^4}$$

...genommen hat, so folgt, daß die in den Tabellen S. ...

handlung enthaltenen Werthe mit der vorstehenden Theorie übereinkommen werden, wenn man sie mit der Quantität

$$\frac{1}{(0,94)^2} - \frac{D'^4}{D^4}$$

multiplicirt.

Folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Modification:

Durchmesser der Röhre D	Durchmesser der Mündungen D'	Erste Werthe von 8β	Zweite Werthe von 8β
Meter	Meter		
0,10	0,05	0,0222	0,02374
	0,04	0,021	0,02328
	0,03	0,0221	0,02488
	0,02	0,02	0,02260
0,06	0,03	0,0232	0,02325
	0,02	0,0248	0,02748
0,0235	0,02	0,0248	0,01506

Die Columne, welche mit „erste Werthe von 8β" überschrieben ist, enthält die von d'Aubuisson berechneten mittleren Resultate. Die darauf folgende Spalte enthält dieselben Resultate, auf bemerkte Weise modificirt. Der letzte weicht sehr vom mittlern Werthe ab. Hierbei ist aber in Betracht zu ziehen, daß, da der Durchmesser der Mündung hier sehr wenig von dem des Rohres abwich, die Höhe H, des Manometers, welches sich vor der Mündung befand, sehr klein war und daß mithin ein kleiner Irrthum in der absoluten Höhe dieses Manometers einen großen Irrthum im correspondirenden Werthe von 8β nach sich ziehen mußte. Schließt man aus diesem Grunde letzteren Werth aus, so findet man 0,0222 als Mittel der von d'Aubuisson gegebenen Werthe und 0,0242 als Mittel dieser modificirten Werthe. Diese Modification geht also dahin, den vom Verfasser angenommenen Werth im Verhältniß von $\frac{121}{111}$ zu vergrößern. Man kann p. 428 und 429 der in Rede stehenden Abhandlung die Gründe nachsehen, zufolge deren d'Aubuisson für den Coefficienten den Werth 0,0238 angenommen hat. Wir müssen hier dieselbe Zahl annehmen, multiplicirt mit dem vorstehenden Verhältnisse, d. h. wir werden setzen $8\beta = 0,02594$, worin $\beta = 0,00323$. Dies Resultat differirt nicht merklich von den Werthen, welche aus den Versuchen Girards über das kleine Rohr von 579 Meter hervorgehen. Die Übereinstimmung dieser Fälle, welche auf verschiedenartigen Wegen erhalten wurden, scheint Bürge zu sein, daß die vorstehende Theorie bei Setzung von $\beta = 0,00324$ die Erscheinungen mit hinlänglicher Genauigkeit repräsentirt.

und wenn die Länge der Röhre sehr groß in Ver
messer ist:

$$H - H_1 = H_1 \frac{\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega}\frac{\Omega'^2}{\omega^2}}{1 - \frac{\Omega'^2}{\omega^2}}$$

woraus man ableitet, indem man D den Durch
der Röhre und D' den Durchmesser des Quer
nennt

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1} \frac{D^5}{\lambda D'^4} \left(1 - \frac{D'}{D}\right.$$

Die Gleichungen (44) und (45) sind denen
son zur Berechnung seiner Versuche angewandt
oben citirten Livraison der Ann. d. Mines). Sie
bloß durch den Factor $1 - \frac{\Omega'}{\omega^2}$ oder 1 —
zweiten Gliede findet und der von d'Aubuisso
Indeß wird das Erforderniß dieses Factors in
chungen gesichert erscheinen, wenn man in Erwä
man die Röhre an ihrem Ende ganz offen ann
den muß $H_1 = o$, welcher Bedingung die ve
mehr Genüge leisten würden, wenn der R
würde.

Außerdem versteht sich, daß, wenn der
Ω' nicht evasirt wäre, so daß eine äußere C
Ω' mit dem Coefficienten m multipliciren müß

In den Versuchen von d'Aubuisson wa
kleine Kegel gebildet, die an das Ende einer
waren. Der zwischen der Seitenfläche und Axe
war sehr klein und man kann hier die äußer
Indeß mußte doch die Bewegung der Luft b
röhre dieser Art nothwendig verändert werden
änderung in Rücksicht nehmen, indem man
Versuchen annimmt, daß ihr Effect einer
bung im Verhältniß von 0,94 zur Einheit
des Ansatzrohres etwas größer als der mitt
wirklich Statt hatte. Hiernach wird die G

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1} \frac{D^5}{\lambda (0{,}94)^2 D'^4} \left(1\right.$$

und da d'Aubuisson die Gleichung

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1}$$

angewandt hat, so folgt, daß die in den

und wenn die Länge der Röhre sehr groß im Verhältniß zu ihrem Durchmesser ist:

$$H - H_1 = H_1 \frac{\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega}\frac{\Omega'^2}{\omega^2}}{1 - \frac{\Omega'^2}{\omega^2}} \qquad (44)$$

woraus man ableitet, indem man D den Durchmesser des Querschnitts ω der Röhre und D' den Durchmesser des Querschnitts Ω' der Mündung nennt

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1}\;\frac{D^5}{\lambda D'^4}\left(1 - \frac{D'^4}{D^4}\right) \qquad (45)$$

Die Gleichungen (44) und (45) sind denen ähnlich, welche d'Aubuisson zur Berechnung seiner Versuche angewandt hat (enthalten p. 424 der oben citirten Livraison der Ann. d. Mines). Sie unterscheiden sich von letztern bloß durch den Factor $1 - \frac{\Omega'}{\omega^2}$ oder $1 - \frac{D'^4}{D^4}$, der sich hier im zweiten Gliede findet und der von d'Aubuisson weggelassen worden ist. Indeß wird das Erforderniß dieses Factors in den in Rede stehenden Gleichungen gesichert erscheinen, wenn man in Erwägung zieht, daß man, wenn man die Röhre an ihrem Ende ganz offen annimmt, wo $\Omega' = \omega$, haben muß $H_1 = o$, welcher Bedingung die vorstehenden Gleichungen nicht mehr Genüge leisten würden, wenn der Nenner $1 - \frac{\Omega'^2}{\omega^2}$ unterdrückt würde.

Außerdem versteht sich, daß, wenn der Eintritt der Ausflußmündung Ω' nicht evasirt wäre, so daß eine äußere Contraction Statt fände, man Ω' mit dem Coefficienten m multipliciren müßte.

In den Versuchen von d'Aubuisson war die Ausflußmündung durch kleine Kegel gebildet, die an das Ende einer Ausflußröhre (buse) gefügt waren. Der zwischen der Seitenfläche und Axe dieser Kegel begriffene Winkel war sehr klein und man kann hier die äußere Contraction vernachlässigen. Indeß mußte doch die Bewegung der Luft beim Austritt aus einem Ansatzrohre dieser Art nothwendig verändert werden, und man kann diese Veränderung in Rücksicht nehmen, indem man nach den früher angeführten Versuchen annimmt, daß ihr Effect einer Verminderung der Area der Mündung im Verhältniß von 0,94 zur Einheit nahe gleich ist, wenn die Länge des Ansatzrohres etwas größer als der mittlere Durchmesser ist, wie dies wirklich Statt hatte. Hiernach wird die Gleichung (45) zu folgender:

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1}\;\frac{D^5}{\lambda\,(0{,}94)^2\,D'^4}\left(1 - (0{,}94)^2\frac{D'^4}{D^4}\right)$$

und da d'Aubuisson die Gleichung

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1}\;\frac{D^5}{\lambda D'^4}$$

angewandt hat, so folgt, daß die in den Tabellen S. 425 und 426 seiner

Zahl 30 betragenden Beobachtungen, sondern ?
polation der wirklichen Beobachtungen nach den
gefunden und noch bis zu 50 Atmosphären fort

Da indeß die nach diesen Formeln berechne
Werthen der Beobachtungen innerhalb des von
übereinstimmen, daß die größte Abweichung
übrigen fast nur die Größe von 0,1° erreichen.
Werthe mit Fug als den wirklich beobachteten
then, daß auch die über die beobachteten Wert
25 bis 50 Atmosphären merklich mit den wo

*) Von 1 bis einschließlich 4 Atmosphären
golds Formel (weil diese hier besser als die
achtungen stimmt, geschehen,) welche folgende

$$t = 85 \sqrt[6]{f} - 75,$$

worin t die Temperatur in Graden der Cen
Spannkraft in Centimetern Quecksilberhöhe b

Im übrigen Theil der Tafel dagegen,
stehende, von den Verfassern selbst gegebene

$$t = \frac{\sqrt[5]{f} - 1}{0,7153}$$

wo t die Temperatur in Graden der Cent
Intervall von 100° als Einheit ansieht u
ren von 0,76m bezeichnet.

**) In der That ist der in der Form
letzten Gliedes der Beobachtungsreihe ent
mit den frühern Gliedern läßt sich da
nicht zweifeln.

...n Temperatur und
...ur Sättigung aus-
... den Resultaten der
... bei geringeren Tem-
...esselben haben die Ver-
...welche zur Darstellung
..., namentlich die von
August, Tregaskis,
..., Coriolis. Wir ver-
...abe, welche die Verfasser
...n Formeln, die indeß auch
...n zu bleiben, auf die Ori-
...n Tregaskis, Schitko
...geworden, das Nähere in

...annkraft des Wasser-

...achtungen folgern zu können,
... bilde, deren Exponent 2 ist,
...iner geometrischen Reihe fortge-
...gt nicht nur die hiernach entwik-
...eraturen angestellten Beobachtun-
Dulong und Arago durch Be-

...die Angabe der Temperatur stets zu
...meters unmittelbar ins Wasser ge-
...den großen Druck vermindert wer-
...en Wärmegrad an. Dieser Fehler,
...und welcher sich mit der Dicke ...
...stärker gewesen sein, wäre er nicht
...compensirt werden.

rechnung selbst überzeugt haben*), die Änderung in der Elasticität bei Dampfes überhaupt nicht durch die Verbindung von zwei geometrischen Reihen dargestellt werden.

b) Von Schitko **).

Nach Schitko's, auf allgemeinere theoretische Betrachtungen gestützter, Herleitung kann die Spannkraft des Wasserdampfes E für verschiedene Temperaturen durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\log. E = 4 \log. x + \log. (1 + 0{,}00275058\, x) + 0{,}0017256\, x - 7{,}8404207$$

Die Spannkraft des Wasserdampfes beim Siedepunkt ist hier als Einheit gesetzt, und es wird x durch folgende Hülfsformel bestimmt:

$$x = \frac{-1 + \sqrt{1 + 153{,}785050506 \log.^{***)} (1 + 0{,}00018018\, y)}}{0{,}00599839}$$

wo y Centesimalgrade des Quecksilberthermometers sind, oder durch folgende:

$$x = \frac{\log. (1 + 0{,}00375\, y')}{0{,}00172556}$$

wo y' Centesimalgrade des Luftthermometers sind.

Die nach dieser Formel berechneten Spannkräfte stimmen sehr wohl mit den von Ure und Arzberger erhaltenen Resultaten überein, wie aus der beigefügten Tabelle erhellt; sie geben aber zu niedrige Spannkräfte, wenn man sie mit den vorherangeführten Resultaten der französischen Physiker vergleicht.

*) Schweigg. J. LIX. 205.

**) Baumgart. und Ettingh. Zeitschrift VI. 257.

***) Gewöhnlicher Logarithmus.

Ein Gesetz, welches den Zusammenhang zwischen Temperatur und Druck der Dämpfe (die hier stets als den Raum bis zur Sättigung ausfüllend angenommen sind) ergäbe, geht übrigens aus den Resultaten der Verfasser eben so wenig hervor, als aus den älteren, bei geringeren Temperaturen angestellten Versuchen. In Ermangelung desselben haben die Verfasser verschiedene Interpolationsformeln geprüft, welche zur Darstellung dieses Zusammenhanges vorgeschlagen worden sind, namentlich die von Prony, Laplace und Biot, Ure, Roche, August, Tregaskis, Young, Creigthon, Southern, Tredgold, Coriolis. Wir verweisen in diesem Bezuge und hinsichtlich der Gründe, welche die Verfasser bestimmt haben, zuletzt bei den S. 174 angegebenen Formeln, die indeß auch nur als empirisch angesehen werden können, stehen zu bleiben, auf die Originalabhandlung *). Doch wollen wir über die von Tregaskis, Schitko und Roche, da sie erst neuerdings bekannt geworden, das Nähere in Folgendem selbst referiren.

Formeln zur Bestimmung der Spannkraft des Wasserdampfes.

a) Von Tregaskis **).

Tregaskis glaubt aus ältern Beobachtungen folgern zu können, daß die Spannkraft eine geometrische Reihe bilde, deren Exponent 2 ist, während die Temperaturen gleichfalls in einer geometrischen Reihe fortgehen, deren Exponent 1,2 ist. Indeß genügt nicht nur die hiernach entwikkelte Formel nicht den in höheren Temperaturen angestellten Beobachtungen, sondern es kann auch, wie sich Dulong und Arago durch Be-

Fehler beitrugen; aber wir glauben, daß die Angabe der Temperatur stets zu groß sei. Da nämlich die Kugel des Thermometers unmittelbar ins Wasser getaucht wurde, so mußte ihre Capacität durch den großen Druck vermindert werden, und das Instrument zeigte einen zu hohen Wärmegrad an. Dieser Fehler, dessen Größe wir nicht beurtheilen können und welcher sich mit der Dicke einer jeden Kugel ändert, würde ohne Zweifel noch stärker gewesen sein, wäre er nicht von einem andern entgegengesetzten zum Theil compensirt worden. Die Röhre des Instrumentes, welche horizontal aus dem Dampfkessel hervorragte, konnte an der Erwärmung der Kugel keinen Antheil nehmen, und dennoch giebt der Verfasser keine Correction für diesen Fehler an. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die größte von Arzberger beobachtete Elasticität nur etwa 20 Atmosphären betrug; für diese Spannung giebt er eine Temperatur von 222°, welcher unseren Versuchen zufolge ein Druck von 23 Atmosphären entspricht. Bei allen übrigen Messungen findet derselbe Fehler Statt, welcher jedoch zugleich mit den Spannungen kleiner wird.

*) Die Meyersche Formel (Biot I. 302) scheint sich den Versuchen der französischen Physiker nicht zu fügen; mindestens habe ich gefunden, daß, wenn man die Constanten dieser Formel nach jenen Versuchen berechnet, die Spannkräfte für niedere Temperaturgrade nicht dadurch genau genug repräsentirt werden, auch findet ein merklicher Unterschied der Constanten Statt, je nachdem man sie aus den niedern oder höhern Beobachtungen der französischen Physiker selbst ableitet.

**) Edinb. J. of Sc. Nr. XIX. p. 68 oder Baumg. Zeitschr. VI. 250.

rechnung selbst überzeugt haben*), die An...
Dampfes überhaupt nicht durch die Verbin...
hen dargestellt werden.

b) Von Schitko **).

Nach Schitko's, auf allgemeinere ... Behauptung mit
ter, Herleitung kann die Spannkra...
Temperaturen durch folgende Form

log. E = 4 log. ... gemachten Gase
+ 0,001725...

Die Spannkraft des Wasser... gemacht, daß mehre
heit gesetzt, und es wird x du... starken Druck, besond
x = − 1 + √1 + 153... zu tropfbaren Flüs
0,00... Gelegenheit den Druck b
wo y Centesimalgrade des ... gewissen Temperaturen
folgende: ... Brandes Arch. XXXVI.
log ... zusammengestellt:
x = − ...

wo y′ Centesimalgrade ...
Die nach dieser ...
mit den von Ure ...
der beigefügten ...
wenn man sie mit ...
siker vergleicht.

	Temperatur R.	Beob...
...Atm.	+ 5°,7	Fara...
	8°	Fara...
	10°	Niem...
	12°,4	Fara...
	10°	Niem...
	0°	Niem...
	12°	Niem...
	10°	Niem...
	8°	Fara...
	10°	Niem...
	0°	Niem...
	5°,7	Fara...
	10°	Niem...
	8°	Fara...
	10°	Niem...
	0°	Niem...
	0°	Fara...
	0°	Niem...
	10°	Niem...
	10°	Niem...

... S. 206. dagegen steht S. 182

[illegible]licht, findet in Bezug auf das [illegible] die [illegible]
und die schwefelichten Säure (mit Rücksicht auf die [illegible]
eit) eine ganz gute Übereinstimmung beider [illegible]
iere Abweichung aber in Bezug auf das Chlor und die Schwe-
ure.

[illegible]chtigkeit des [illegible], von [illegible] *).

[illegible] hat nach theoretischen Betrachtungen für die [illegible] d
[illegible]pfes folgende Formel [illegible]:
[illegible] = 4 log. x + log. (1 + y x) — [illegible]
[illegible]e Seite 173 angegebene [illegible], y = [illegible]
[illegible]chtigkeit des Dampfes sich auf die beim [illegible] als [illegible]
[illegible]ber.

[illegible]he, die man über die Dichtigkeit des Dampfes bisher an-
[illegible]ichten sich auf Temperaturen unter dem [illegible]. [illegible]
[illegible]s diese Bestimmung auch für höhere Wärmegrade aus der
[illegible]npfes zu erhalten gesucht, die einem Stücke von [illegible]
Seine absoluten Bestimmungen sind, so wie sie in [illegible]
. II. 350 angegeben sind, nebst den nach Schi[illegible]'s [illegible]
Resultaten in der nachstehenden Tabelle enthalten:

angegeben[illegible] [illegible].	Dichte des Dampfes.		Differenzen.
	Beobachtet.	Berechnet.	
44	0,000327	0,000333	0,000010
22	0 001701	0 001597	0,000104
11	0 002476	0,002236	0,000240

[illegible]e geben zwar etwas größere Werthe in höheren Tempera-
[illegible]rechnung, indeß bringt Schitko die Bemerkung in An-
[illegible] enthern die Dichtigkeit des Dampfes auf die angegebene
[illegible]n Temperaturen auf keinen Fall zu klein haben konnte,
[illegible]ß, wenn abhärirendes oder mechanisch fortgerissenes Was-
[illegible]Stücke eindrang.

[illegible]äher die Dichtigkeit des Dampfes aus dessen absoluter
[illegible]hnlich nach der Formel $d = A \frac{E}{213 + t}$ zu bestimmen
[illegible]e Wärmegrade nach der 80theiligen Scale, E die Elastici-
[illegible]s und A eine durch Versuche zu bestimmende Größe bedeu-
[illegible]at diese Formel den von ihm in 16 Versuchen gemessenen

[illegible]nd Ett. Zeitschr. VI. 261.

mometer, für welches die Formel gilt; 2) daß die Berichterstatter für den Werth von n angenommen haben 0,1644, während der Werth 0,167 in Übereinstimmung mit den Versuchen günstiger sei. Berücksichtige man die Umstände, so entspreche seine Formel merklich den Resultaten der französischen Commission. Eine Berechnung zum Belege in dieser Hinsicht ist indeß nicht beigefügt, daher sich die Richtigkeit dieser Behauptung nicht ohne Weiteres verbürgen läßt.

Spannkraft des Dampfes von tropfbar gemachten Gasen.

Bekanntlich hat Faraday die Erfahrung gemacht, daß mehrere, früher für permanent gehaltene, Gase sich durch starken Druck, besonders wenn niedere Temperatur zu Hülfe genommen wird, zu tropfbaren Flüssigkeiten verdichten lassen, und er hat bei dieser Gelegenheit den Druck bestimmt, den die Dämpfe dieser Flüssigkeiten bei gewissen Temperaturen äußern. Dasselbe ist neuerdings von Riemann (Brandes Arch. XXXVI. S. 179) geschehen. Hier stehen ihre Resultate zusammengestellt:

Namen des Gases.	Druck in Atmosphären.	Temperatur R.	Beobachter.
Stickstoffoxydul . . .	über 60 Atm.	+ 5°,7	Faraday.
Ammoniak	6½	8°	Faraday.
	6½ bis 7	10°	Riemann.
Chlor	4	12°,4	Faraday.
	8½	10°	Riemann.
	6½	0°	Riemann.
Euchlor	8¾	12°	Riemann.
Chlorichte Säure .	60	10°	Riemann.
Salzsäure	ungefähr 40	8°	Faraday.
	genau 40	10°	Riemann.
	33	0°	Riemann.
Schweflichte Säure .	ungefähr 2	5°,7	Faraday.
	3	10°	Riemann.
Schwefelwasserstoffsäure	17	8°	Faraday.
	58 *)	10°	Riemann.
	54	0°	Riemann.
Kohlensäure	36	0°	Faraday.
	40	0°	Riemann.
	58 bis 60	10°	Riemann.
Cyan	4	10°	Riemann.

*) Diese Angabe steht im Original S. 206, dagegen steht S. 182 50 Atmosphären.

Die nach Schitko's Formel berechneten Werthe sind in den niederen mperaturen etwas größer und nehmen sodann bei höheren Wärmegraden mählig ab, welches mit Munkes Bemerkung, daß der Factor A bei heren Temperaturen abnehmen sollte, zusammenstimmt.

Erzeugung von Dampf durch glühendes Eisen.

Johnson hat durch eine Reihe von Versuchen, bei welchen Eisen-oben von verschiedner Temperatur, in kochendes Wasser eingetaucht wur-n, gefunden, daß binnen einer gegebenen Zeit durch Eisen, welches in m Grade glühete, daß die Röthung bei Tageslicht eben sichtbar war, ehr Dampf erzeugt ward, als durch dasselbe Eisen, wenn es weißglühend r*). Der erzeugte Dampf steht mit dem Gewichte des Metalles in ge-dem Verhältniß und beträgt (in welcher Zeit?) auf 9 Pfund Eisen etwa Pfund. Bei der Vergleichung von Guß- mit Hammer-Eisen ergab sich, ß das erstere, auf dieselbe Temperatur erhitzt, mehr Dampf erzeugt als s letztere, indem auf 8½ Pfund Eisen etwa 1 Pfund Dampf kam. Nä-res ist nicht angeführt. (Frorieps Not. Nr. 2. des XXXI. Bandes aus lim. Journ. Vol. XIX. p. 292.)

Siedpunct einiger Flüssigkeiten.

Nach Marx (Schweigg. LVII. 402) finden für eine Lösung von sal-tersaurem Natron bei 28″ 4‴ Druck folgende Verhältnisse Statt:

Eine Lösung, gesättigt bei

18°,8 C.	siedet bei		101° C.
56°,2 C.	—	—	102,2
beim Sieden	—	—	121

Nach demselben siedet eine bei 15° C. gesättigte Kochsalzauflösung bei 7°,4 C. und der Siedepunkt ist auch bei einer bei 100° gesättigten Auflö-ng wenig oder gar nicht höher **). Eine bei 15° C. gesättigte Salpeter-sung siedet bei 101°,4 und eine bei 100° C. gesättigte Lösung bei 112° C.

Dampfmaschinen.

Eine Geschichte der Dampfmaschinen findet sich im Quart. J. of Sc. 29. April. 322. Eine sehr interessante übersicht derjenigen Explosionen

*) Die sich in der Originalnotiz findende Erklärung dieses Umstandes, dies nne daher rühren, daß die größere Quantität Dampf, die sich anfänglich um s weißglühende Eisen bildet, eine Atmosphäre um dasselbe erzeuge, und auf se Weise verhindere, daß das Wasser mit dem Eisen in Berührung komme, eint mir ziemlich sonderbar; denn nach demselben Grundsatze müßten z. B. zwei etalle stärker bei Berührung mit einander elektrisch werden, wenn ihr elektro-otorischer Gegensatz kleiner als wenn er größer ist, weil eine größere Quantität twickelter Elektricität die fernere Entwickelung mehr beschränkt. Wahrscheinli-r scheint mir, daß dieser Umstand, wenn er richtig ist, mit dem bekannten denfrostschen Phänomen zusammenhängt. F.

**) Was auch sehr natürlich ist, da die Auflöslichkeit des Kochsalzes in hö-n und niedern Temperaturen gleich ist. F.

mometer, für welches die Formel gilt; 2) daß die Berichterstatter für den Werth von n angenommen haben 0,1644, während der Werth 0,167 der Übereinstimmung mit den Versuchen günstiger sei. Berücksichtige man diese Umstände, so entspreche seine Formel merklich den Resultaten der französischen Commission. Eine Berechnung zum Belege in dieser Hinsicht ist indeß nicht beigefügt, daher sich die Richtigkeit dieser Behauptung nicht ohne Weiteres verbürgen läßt.

Spannkraft des Dampfes von tropfbar gemachten Gasen.

Bekanntlich hat Faraday die Erfahrung gemacht, daß mehrere, früher für permanent gehaltene, Gase sich durch starken Druck, besonders wenn niedere Temperatur zu Hülfe genommen wird, zu tropfbaren Flüssigkeiten verdichten lassen, und er hat bei dieser Gelegenheit den Druck bestimmt, den die Dämpfe dieser Flüssigkeiten bei gewissen Temperaturen äußern. Dasselbe ist neuerdings von Niemann (Brandes Arch. XXXVI. S. 175) geschehen. Hier stehen ihre Resultate zusammengestellt:

Namen des Gases.	Druck in Atmosphären.	Temperatur R.	Beobachter.
Stickstoffoxydul . . .	über 50 Atm.	+ 5°,7	Faraday.
Ammoniak	6½	8°	Faraday.
	6½ bis 7	10°	Niemann.
Chlor	4	12°,4	Faraday.
	8½	10°	Niemann.
	6½	0°	Niemann.
Euchlor	8¼	12°	Niemann.
Chlorichte Säure .	60	10°	Niemann.
Salzsäure	ungefähr 40	8°	Faraday.
	genau 40	10°	Niemann.
	33	0°	Niemann.
Schweflichte Säure .	ungefähr 2	5°,7	Faraday.
	3	10°	Niemann.
Schwefelwasserstoffsäure	17	8°	Faraday.
	58 *)	10°	Niemann.
	54	0°	Niemann.
Kohlensäure	36	0°	Faraday.
	40	0°	Niemann.
	58 bis 60	10°	Niemann.
Cyan	4	10°	Niemann.

*) Diese Angabe steht im Original S. 206, dagegen steht S. 182 50 Atmosphären.

Wie man sieht, findet in Bezug auf das Ammoniak, die Kohlensäure, die Salzsäure und die schweflichte Säure (mit Rücksicht auf die Temperaturverschiedenheit) eine ganz gute Übereinstimmung beider Beobachter Statt; eine desto größere Abweichung aber in Bezug auf das Chlor und die Schwefelwasserstoffsäure.

Dichtigkeit des Wasserdampfes, von Schitko *).

Schitko hat nach theoretischen Betrachtungen für die Dichtigkeit d des Wasserdampfes folgende Formel entwickelt:

$$\log. d = 4 \log. x + \log. (1 + \gamma x) - 7,7021180$$

worin x auf die Seite 178 angegebene Weise bestimmt, $\gamma = 0,0027501$ ist, und die Dichtigkeit des Dampfes sich auf die beim Siedpunkte als Einheit bezogen findet.

Die Versuche, die man über die Dichtigkeit des Dampfes bisher angestellt hat, beziehen sich auf Temperaturen unter dem Siedepunkte. Southern hat indeß diese Bestimmung auch für höhere Wärmegrade aus der Menge des Dampfes zu erhalten gesucht, die einen Stiefel von gemessenem Inhalt füllte. Seine absoluten Bestimmungen sind, so wie sie in Gehlers phys. Wörterb. II. 330 angegeben sind, nebst den nach Schitko's Formel berechneten Resultaten in der nachstehenden Tabelle enthalten:

Temperatur, angegeben im Centes.° Quecksilberthermometer.	Dichte des Dampfes.		Differenzen.
	Beobachtet.	Berechnet.	
109,4444	0,000827	0,000838	0,000010
132,2222	0,001701	0,001597	0,000104
146,1111	0,002476	0,002236	0,000240

Die Versuche geben zwar etwas größere Werthe in höheren Temperaturen als die Berechnung, indeß bringt Schitko die Bemerkung in Anschlag, daß Southern die Dichtigkeit des Dampfes auf die angegebene Weise in höheren Temperaturen auf keinen Fall zu klein finden konnte, wohl aber zu groß, wenn adhärirendes oder mechanisch fortgerissenes Wasser mit in den Stiefel eindrang.

Man hat bisher die Dichtigkeit des Dampfes aus dessen absoluter Elasticität gewöhnlich nach der Formel $d = A \frac{E}{213 + t}$ zu bestimmen gesucht, wo t die Wärmegrade nach der 80theiligen Scale, E die Elasticität des Dampfes und A eine durch Versuche zu bestimmende Größe bedeutet. Munke hat diese Formel den von ihm in 16 Versuchen gemessenen

*) Baumg. und Ett. Zeitschr. VI. 261.

von Dampfmaschinen, deren Verlauf bewährte berichtet haben, theilt Arago mit in Pogg. X Zeitschr. VII. 477. Letztere übersicht kann selt da sie auf die Umstände, welche zur Entsteh Anlaß geben, besonders aufmerksam machte. Dinglers polyt. J. XXXIX. S. 88 verdient zu werden. — Die Instruction, welche ba die bei Dampfbooten zu beobachtenden Maßr Dinglers polyt. J. XL. 389.

Ursachen, welche die Explosi durch Papin'sche Sicherheitsventi können, von Arago *). Die nachsteh durchgängig Neues zu enthalten, doch ser sein.

Das Papin'sche Sicherheitsventil Kesseln besteht bekanntlich aus einer m welche über ein Loch von etwa 1 Qua Kessels angebracht ist, gelegt wird. der innere Druck auf 1 Quadrate Klappe plus dem der Atmosphäre ist aber sofort öffnen und dem Dampf innere Druck dies Gewicht übersteigt ein so vernünftiges, einfaches, Fällen unfehlbar ist? Es lasse [illegible]

1) Adhärenz oder zu stark [illegible]

2) [illegible] für den plötzlich [illegible] kleine Öffnung des Ventils, [illegible] nach denen [illegible]

3) [illegible] zu geringe [illegible]

[illegible]

* Pogg. XX. 300.

...erweise ein Theil des Kessels im
des Zerplatzens sehr nahe,
nach den in gewöhn-
, sich ihnen so nahe
...
Kessel bei der Probe
m Gebrauche unter-
Wassers bei den Proben
ommen werden; daß
er Werkstatt des Künst-
angestellt werden kann;
e Erbauung eines Ofens,
, die für die Industrie zu
ich gefordert werden zu kön-
ner bei einer Probe mit dem
, fast nichts zu fürchten haben;
rde, wenn der Kessel Dampfstatt
n, welche man im letztern Falle zu
n in Schutz zu stellen, würden die
versuche bedeutend vermehren. Al-
ufung mit Wasser, ungeachtet ihrer
Vorzug behalten.
pe auf die Wände eines mit Wasser ge-
, so steigt der innere Druck allmälig und
Man erfährt also hierdurch nichts über den
Falle einer bedeutenden und plötzlichen
. Ein solcher kann aber sehr wohl bei dem
...
n endlich kann eine in der Werkstatt des Künst-
, auf welche Weise sie auch vorgenommen wer-
Kessel dann vermag, und nicht, was er noch nach
n kann, wenn das Metall sich durch Tempera-
n Richtungen gezogen hat, durch Rosten verän-
...

deres Gewicht darauf zu legen, daß, wenn gleich
ischer Druck auf den inwendig luftleeren Kessel kein
eranlassen vermöchte, wofern die Luftleere allmälig
iches Entfernen des innern Druckes ganz den
Erschütterung hervorbringen kann, welcher die Kessel
widerstehen werden.
dieser Ursachen von Explosionen hat man die Innen-
ppen erfunden, von denen im nächsten Artikel die

mstand, daß unter gewissen Umständen sogar ein Öffnen

Vermehrung der Elasticität im Kessel zu
die Menge des entweichenden Dampfes
ten gleich komme. Ersteres hängt von d
men, kann aber eine Öffnung, welche fü
mäßig, viel zu klein sein, wenn einmal du
Wasser fast plötzlich in Dampf verwa
tritt. Freilich zwar das Unglück vermindert
ein Gleichniß zu gebrauchen, wie mit d
aber im gewöhnlichen Zeiten das Wasse
zu eng für dasselbe wird. Es würde be
ihm eine sehr große Öffnung zu geben,
richtet des Verschlusses und des ungehe
bedlich wäre, doch zwänge innerhalb g
glaubt doch Trage könne man manchm
ne Dampfkessel schalten.

Hierher kommen noch insbesondere die
tragtungsfolge deren unter gewissen, für
allgemein vorauszubestimmenden, Umstän
gegen den Dampfstrom hält, der aus ein
Dampfkessels von sehr hohem Druck ausströ
ihm manchmal so angezogen oder vielme
Öffnung gedrückt wird, daß sie in ei
schweben bleibt, was denn nothwendig z
mittelst ihrer Hebung mit weniger Damp
Stroms von der Breite der Öffnung un

Zu 3. a) Jeder Kessel wird, der
benutzt, erst gesetzmäßigen Prüfungen
sicher zu sein. So muß in Frankreich
der Dampfkessel von Gußeisen einen
und gewalztem oder geschmiedeten Ei
nen nach außen, als er bei seinem
bevor er gestempelt wird. Wiewohl
sind und oft Einsprüche von Seiten
währen sie dennoch noch keine voll

Die Prüfungen werden nämli
eine Druckpumpe auf die Wände
in gewöhnlicher Temperatur wirk
die Festigkeit der Metalle weit
sie außerordentlich stark abnimmt
gezeigt, daß Schmiedeeisen in de

*) Die in Rede stehenden
stand besonders in dem Falle un
als die durch sie zu verschließende
also eine sehr große Breite hat.

der Sicherheitsklappe eine Explosion des Kessel
scheint beim ersten Anblick sehr sonderbar, indessen
vere von Arago erzählte Thatsachen bestätigt;
[illegible] und [illegible] eine damit zusammenhängend
nämlich bei einem kleinen, ganz ohne Hülle an
[illegible] Kessel, unter hohem Druck, als man ein
öffnete, die Sicherheitsklappe augenblicklich in di
[illegible] ist allerdings nur dem Zusammentreffen g
[illegible], denn in der Regel beobachtet man, was
[illegible] bei Öffnung der Klappe stets eine Verminde
Perkins hat folgende ziemlich glücklichen
gegeben, denen eine Öffnung der Sicherheitsklap
der Dampfelasticität voranging.
Wenn bei einem gewöhnlichen Kessel die [illegible]
Wände über das Niveau des Wassers erhebt, s
gleiche Temperatur; sobald aber der Kessel [illegible]
Flamme hoch hinansteigt, kann es geschehen, d
werden. Der mit diesem in Berührung stehende
[illegible] Temperatur, ohne Druck noch eine gr
entweder weil er nicht gesättigt ist, oder aus
anzuführenden Grunde.

Denken wir uns den Kessel in diesem Zust
Sicherheitsklappe gänzlich geöffnet; ein schnelle
ist die unmittelbare Folge. Das Wasser, vom
[illegible], springt in Schaum und Blasen durch de
dasselbe Phänomen, das der Champagner darbi
öffnet), allein wie die Wassertropfen mit dem
Berührung kommen, werden sie alsogleich in [illegible]
wandelt; die Klappe, obgleich ganz offen ste
sich plötzlich entwickelnden Dunstmasse nicht gen
der Kessel springt.

Diese Erklärung wird im Original noch d
Erörterungen oder Beziehungen auf Thatsachen
[illegible] gemacht (Baumg. Zeitschr. VII. S. 502),
[illegible] übergehen.

Marestier hat über die Ursache der in [illegible]
[illegible] eine ganz ähnliche Ansicht als Perki
[illegible], daß er annimmt, die Berührung
Wassers mit den glühenden Kesselwände[illegible]
und [illegible] Dampferzeugung, während [illegible]
das Wasser unter den verdünnten aber sehr [illegible]
[illegible] für den ersten Anblick die Ansicht [illegible]
[illegible] wenn man sich jedoch an das Leiden[illegible]
[illegible] [illegible] Wasser, in Berührung mit [illegible]

der Sicherheitsklappe eine Explosion des Kessels soll verursachen können, scheint beim ersten Anblick sehr sonderbar, indeß wird er nicht nur durch mehrere von Arago erzählte Thatsachen bestätigt, sondern es haben auch Tabareau und Rey eine damit zusammenhängende Erfahrung gemacht, daß nämlich bei einem kleinen, ganz ohne Hülle auf einem Kohlenfeuer stehenden, Kessel, unter hohem Druck, als man einen großen Entladungshahn öffnete, die Sicherheitsklappe augenblicklich in die Höhe ging. Letzteres Resultat ist allerdings nur dem Zusammentreffen gewisser Umstände zuzuschreiben, denn in der Regel beobachtet man, was auch von Natur zu erwarten, bei Öffnung der Klappe stets eine Verminderung des Drucks.

Perkins hat folgende ziemlich glückliche Erklärung jener Explosionen gegeben, denen eine Öffnung der Sicherheitsklappe oder eine Verminderung der Dampfelasticität voranging.

Wenn bei einem gewöhnlichen Kessel die Flamme sich nicht längs der Wände über das Niveau des Wassers erhebt, so hat dieses und der Dampf gleiche Temperatur; sobald aber der Kessel wenig Wasser enthält und die Flamme hoch hinansteigt, kann es geschehen, daß einige Theile rothglühend werden. Der mit diesen in Berührung stehende Dampf erlangt eine ungeheure Temperatur, ohne darum auch eine große Spannung zu erhalten, entweder weil er nicht gesättigt ist, oder aus einem andern weiter unten anzuführenden Grunde.

Denken wir uns den Kessel in diesem Zustande, und nun werde die Sicherheitsklappe gänzlich geöffnet; ein schnelles Ausströmen des Dampfes ist die unmittelbare Folge. Das Wasser, vom Drucke befreit, der es belastete, spritzt in Schaum und Blasen durch den ganzen Kesselraum (es ist dasselbe Phänomen, das der Champagner darbietet, wenn man die Flasche öffnet), allein wie die Wassertropfen mit dem beinahe glühenden Gase in Berührung kommen, werden sie alsogleich in sehr elastischen Dampf verwandelt; die Klappe, obgleich ganz offen stehend, kann der ungeheuern sich plötzlich entwickelnden Dunstmasse nicht genug Raum gewähren, und der Kessel springt.

Diese Erklärung wird im Original noch durch ausführliche theoretische Erörterungen oder Beziehungen auf Thatsachen erläutert und wahrscheinlich gemacht (Baumg. Zeitschr. VII. S. 502), welche wir der Kürze halber übergehen.

Marestier hat über die Ursache der in Rede stehenden Art von Explosionen eine ganz ähnliche Ansicht als Perkins aufgestellt, nur mit dem Unterschiede, daß er annimmt, die Berührung des in die Höhe geleiteten Wassers mit den glühenden Kesselwänden sei Ursache der plötzlichen und gewaltigen Dampferzeugung, während Perkins sie der Vertheilung des Wassers unter den verdünnten aber sehr stark erhitzten Dampf beimißt. Nun scheint für den ersten Anblick die Ansicht Marestier's bei weitem annehmlicher; wenn man sich jedoch an das Leidenfrostsche Phänomen erinnert, zufolge dessen Wasser, in Berührung mit heftig glühendem Metall, viel

längere Zeit zum Verdampfen braucht, als in einem mittelmäßig warmen Gefäße, so verliert diese Meinung an Wahrscheinlichkeit, oder es müßte wenigstens erst nachgewiesen werden, warum das Wasser im Kessel sich ganz anders verhalte, als die kleinen Tropfen im Leidenfrostischen Versuche. Übrigens sind die Resultate aus den Erklärungen von Perkins und Marestier dieselben und aus beiden gehen dieselben Vorsichtsmaßregeln hervor.

Arago setzt mit den vorstehenden Erörterungen zugleich folgende Erklärung des Umstandes, warum in mehreren Fällen ein Springen des Kessels in einer horizontalen Linie beobachtet worden sei, in Verbindung, unter der nicht unwahrscheinlichen Voraussetzung, daß diese Linie dieselbe gewesen sei, welche die Höhe des Wasserstandes an den Wänden der Kessel bezeichnete. Freilich finde ich keine bestimmten Angaben, aus welchen hervorginge, daß diese Fälle gerade solche waren, wo wirklich eine Druckverminderung der Explosion voranging, auf welche doch allein diese Erklärung passen würde.

Wenn im letzten Momente vor der Explosion die Spannung des Dampfes plötzlich und beträchtlich vermindert wird, so muß im selben Momente der Kessel von außen nach innen eingedrückt werden; allein wegen seines plötzlichen Eintretens wird ihn der mit Wasser gefüllte Theil kaum verspüren, wegen der Trägheit der Flüssigkeit, die nicht in einem einzigen Augenblicke überwunden werden kann. — Dieser Druck von außen nach innen geht also um die Gränzlinie des Niveau der Flüssigkeit wie um ein Charnier vor sich. Wenn nun im Momente der Explosion eine plötzliche Entwickelung eines sehr ausdehnsamen Dampfes erfolgt, so wird nach der eben erlittenen Zusammenziehung der Kessel auf einmal wieder ausgedehnt werden. Nimmt man nun auch an, daß er diese zweite Wirkung gleichmäßig in allen seinen Theilen erleide, so wird doch diese rückgängige Bewegung schwächer unterhalb des Niveau der Flüssigkeit sein, schon darum, weil die erste Bewegung dort beinahe unmerkbar gewesen; die Grenzlinie des Niveau wird also auch wieder die Grenze bezeichnen, wo zwei ungleich starke Bewegungen des Metalls zusammentreffen. Nun braucht man nur ein Mal gesehen zu haben, mit welcher Leichtigkeit die Arbeiter Bleche aus dem zähesten Materiale zerbrechen, wenn sie sie plötzlich zwei entgegengesetzten Biegungen um dieselbe Linie ausgesetzt haben, um begreifen zu können, warum diese Grenzlinie, welche als Charnier zweier so heftiger und augenblicklicher entgegengesetzten Bewegungen diente, auch die Bruchlinie sein werde, wenn sie auch nicht die des geringsten Widerstandes ist. Dieselbe Linie bezeichnet ja übrigens auch die Grenze der Schichten, in denen das Metall sehr verschieden erwärmt, und daher von sehr verschiedener Haltbarkeit ist.

Zu 6). Das Wasser, dessen man sich zur Speisung der Kessel bedient, enthält meist Salze, die, indem sie sich beim Sieden absetzen, zuletzt an den inneren Wänden des Kessels eine steinige Kruste bilden, die von Tag zu Tag dicker wird. Diese Schichten wegen ihres geringen Leitvermögens führen die den Wänden mitgetheilte Wärme dem Wasser nur langsam zu,

Man hat als Einwand gegen diese Mittel vorgeschlagen, daß, wenn sie auch die Explosionen sicher verhüten, sie doch auf der andern Seite den Übelstand darbieten, daß sie schon viel eher schmelzen können, als der Dampf die vorgeschriebene Gränze der Spannkraft erreicht hat, indem ein nicht gesättigter Dampf schon bei geringer Spannkraft eine sehr hohe Temperatur erlangen kann, daß sie also in diesem Bezuge zu viel leisten. Wenn man indeß bedenkt, daß dieser Fall bloß dann eintreten kann, wenn es an Wasser im Kessel fehlt, wo mithin der Kessel eine sehr starke Erhitzung, vielleicht gar bis zum Rothglühen, erfahren kann, und daß gerade dies Umstände sind, welche eine Explosion veranlassen können (S. 187), so wird man diesen Einwurf ungegründet finden.

Einen andern Grund, warum die Platte unter der Temperatur, welche ihre Schmelzung bedingen soll, sich öffnen könne, fand man darin, daß sie vor Erreichung ihres Schmelzpunktes etwas erweicht, mithin durch den Druck des Dampfes aufplatzen könne. Anfänglich war dies auch wirklich der Fall; seitdem man aber die Platte vor der Befestigung in dem zu ihrer Aufnahme bestimmten Rohre mit einem etwas engmaschigen Metallgewebe bedeckt, ist diese Schwierigkeit verschwunden. Zwar bilden sich noch bei dem Herannahen des Schmelzpunktes hier und da einige Blasen; allein wie die Erfahrung zeigt, giebt die Platte nur in großer Nähe des Schmelzpunktes nach, wo sie dann in die Höhe geschleudert wird und der Dampf einen offenen Ausgang findet.

Wichtiger als diese Einwürfe scheint folgender zu sein: Wenn die schmelzbare Platte verschwunden ist, so entweicht aller Dampf durch die Öffnung, welche sie verschloß. Es kann eine ziemliche Zeit darauf vergehen, bis man sie durch eine neue ersetzt, der Kessel wiederum gefüllt und geheizt worden ist, und während diesem ist der Gang der Maschine völlig unterbrochen. Durch eine solche plötzliche Vernichtung der bewegenden Kraft kann ein Dampfboot an den Küsten und besonders am Eingange eines Hafens in die gefährlichste Lage versetzt werden *). Dies ist auch vielleicht der Grund, warum in England diese Einrichtung noch keinen Eingang gefunden hat.

*) Reichenbach in München, welcher der Erfinder der Anwendung der [illegible] schmelzbaren Platten zu sein scheint, befestigt das Metallgemisch nicht unmittelbar in einer Öffnung des Kessels, sondern gießt damit einen hohlen [illegible] Stiefel [illegible], aus der durch Reibung in der mit einer Dille versehenen Öffnung [illegible] festgehalten wird. Die Durchbohrung des Stiefels hat die Gestalt [illegible] sich mit ihrer Grundfläche berührender Kegel, wodurch, wie [illegible] ein Herausstoßen des Metallgemisches durch die mechanische [illegible] des Dampfes unmöglich gemacht wird. Offenbar reicht es hin, mehrere [illegible] Metallgemisch ausgegossene Stiefel vorräthig zu haben, um, nachdem der Dampf durch Schmelzen der Composition den nöthigen Ausgang gefunden [illegible] den Kessel wieder verschließen zu können, so daß der Stillstand der [illegible] dieser Einrichtung bald wieder beseitigt werden kann (vgl. Schweigg. [illegible])

Die Vertheidiger der schmelzbaren Platten zählen es zu ihren Haupt-…, daß man mittelst derselben gegen die Unklugheit der Arbeiter …lich geschützt sei. Dies ist jedoch nicht streng richtig; denn wollen die …r das Feuer mehr als gewöhnlich steigern, so wissen sie recht wohl, … man das Schmelzen der Platte durch fortlaufendes Begießen mit kal… Wasser verhindern kann, so daß man also in dieser Beziehung Nichts …nnen hat.

…) Dünne Platten. Ein Sicherheitsventil, das Papin'sche, wie … aus leicht schmelzbarem Metallgemisch, ist genau betrachtet nichts an… als die künstliche Schwächung eines Theils der Wände des Kessels. … Schwächung zu bewirken hat man vorgeschlagen, kleine eigends dazu …machte Öffnungen im Kessel durch Blechplatten von so berechneter Dicke …verschließen, daß sie unter einem Druck von einer, zwei, drei oder zehn …sphären zerreißen, je nachdem man bei der Arbeit den Druck von …, drei, vier oder elf Atmosphären nicht überschreiten will. Es ist ein…end, daß das Aufplatzen einer so kleinen und so dünnen Platte nie… ernsthafte Unfälle herbeiführen wird.

So vorzüglich dies Mittel auch erscheinen mag, so ist es doch sehr … angewandt, sei es nun, weil es nicht leicht ist auf experimentellem … zu bestimmen, welche Dicke die Platte für einen gegebenen Durch-… des Loches haben müsse, um unter diesem oder jenem Drucke zu zer-…; oder, weil man nicht dafür stehen kann, immer Platten von genau …selben Beschaffenheit zu haben. Die dünne Platte ist, an ihrem Orte, …ger als die schmelzbare Platte den Angriffen der Arbeiter ausgesetzt; …: sie läßt sich zwar schwächen, aber nie verstärken, und das ist das …tigste. In dieser Beziehung sind die dünnen Platten den schmelzbaren …ten vorzuziehen, aber auch sie haben wie die letztern den Nachtheil, … sie beim Aufplatzen allen Dampf entweichen lassen.

… 6) Manometrisches Ventil. Das manometrische Ventil besteht in … mit Quecksilber gefüllten, mit dem Dampfkessel in Verbindung stehen-… gebogenen Röhre*), in welcher die Quecksilberhöhe auf den Druck, … man beabsichtigt, berechnet ist. Wird dieser Druck überstiegen, so wird … Quecksilber hinausgeschleudert, und der Dampf gewinnt Freiheit. Eine …che Vorrichtung hat neben gleicher Sicherheit mit den andern Arten von …mitteln den Vorzug vor erstern, daß sie in jedem Augenblicke das … der Elasticität des Dampfes giebt. Das Papinsche Ventil zeigt nichts …, so lange es sich nicht hebt, eben so die schmelzbare Platte, so lange … nicht schmilzt. Der Heizer erfährt durch sie plötzlich, daß er den Gränz-… erreicht hat, den er nicht überschreiten darf, aber er wird durch nichts …warnt, daß er sich ihm nähert. Das Manometer dagegen spricht so zu … eben so gut unter einem schwachen, wie unter einem starken Druck

*) Vergl. über diese von Trevithik erfundene Vorrichtung Gilbert's …n. LIV. S. 97.

Man hat als Einwand gegen diese Mittel vorgeschlagen, d
sie auch die Explosionen sicher verhüten, sie doch auf der andern
Übelstand darbieten, daß sie schon viel eher schmelzen können,
Dampf die vorgeschriebene Gränze der Spannkraft erreicht hat,
nicht gesättigter Dampf schon bei geringer Spannkraft eine sehr
peratur erlangen kann, daß sie also in diesem Bezuge zu viel leist
man indeß bedenkt, daß dieser Fall bloß dann eintreten kann, w
Wasser im Kessel fehlt, wo mithin der Kessel eine sehr starke
vielleicht gar bis zum Rothglühen, erfahren kann, und daß g
Umstände sind, welche eine Explosion veranlassen können (S. 187)
man diesen Einwurf ungegründet finden.

Einen andern Grund, warum die Platte unter der Tempera
che ihre Schmelzung bedingen soll, sich öffnen könne, fand m
daß sie vor Erreichung ihres Schmelzpunktes etwas erweicht, mit
den Druck des Dampfes aufplatzen könne. Anfänglich war dies a
lich der Fall; seitdem man aber die Platte vor der Festlöthung i
ihrer Aufnahme bestimmten Rohre mit einem etwas engmaschigen
gewebe bedeckt, ist diese Schwierigkeit verschwunden. Zwar bilden
bei dem Herannahen des Schmelzpunktes hier und da einige Blase
wie die Erfahrung zeigt, giebt die Platte nur in großer Nähe des
punktes nach, wo sie dann in die Höhe geschleudert wird und de
einen offenen Ausgang findet.

Wichtiger als diese Einwürfe scheint folgender zu sein: W
schmelzbare Platte verschwunden ist, so entweicht aller Dampf
Öffnung, welche sie verschloß. Es kann eine ziemliche Zeit dara
hen, bevor sie durch eine neue ersetzt, der Kessel wiederum gefüll
heizt worden ist, und während diesem ist der Gang der Masch
unterbrochen. Durch eine solche plötzliche Vernichtung der bewegen
kann ein Dampfboot an den Küsten und besonders am Eingange
fens in die gefährlichste Lage versetzt werden*). Dies ist auch vi
Grund, warum in England diese Einrichtung noch keinen Einga
den hat.

*) Reichenbach in München, welcher der Erfinder der Anwe
leicht schmelzbaren Platten zu sein scheint, befestigt das Metallgemisch
mittelbar in einer Öffnung des Kessels, sondern gießt damit einen ho
schen Eisenstöpsel aus, der durch Reibung in der mit einer Dille
Öffnung festgehalten wird. Die Durchbohrung des Stöpsels hat d
zweier abgestumpfter, sich mit ihrer Grundfläche berührender Kegel, wo
leicht zu erachten, ein Herausstoßen des Metallgemisches durch die n
Kraft des Dampfes unmöglich gemacht wird. Offenbar reicht es hin,
solcher mit Metallgemisch ausgegossene Stöpsel vorräthig zu haben, u
dem der Dampf durch Schmelzen der Composition den nöthigen Aus
funden hat, den Kessel wieder verschließen zu können, so daß der Sti
Maschine bei dieser Einrichtung bald wieder beseitigt werden kann (vgl.
J. XVIII. S. 276).

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] Ventils kann [illegible] sie auch [illegible] ganz verloren [illegible] manometrische Rohr [illegible] Dampf [illegible] des Quecksilbers [illegible] nicht [illegible] zu erachten, kann in einen [illegible] dem der Dampf stoßweise entweich[illegible] daher jede Fluctuation des Da[illegible] in dem mit dem Kessel verbundenen [illegible] demzufolge, daß die Queck[illegible] der bisher erfundenen Sicherheitsv[illegible] daß ihr Durchmesser hinlänglich [illegible]

[illegible] kann sie jedoch für hohen Druck [illegible] Einwärts schlagendes oder Luft[illegible] Explosionen durch einwärts geri[illegible] auf einen plötzlich dampfleer gewordenen Kess[illegible] 167). Eine solche Klappe kann sich nur von [illegible] entweder durch eine im Kessel angebrach[illegible] deren Kraft kaum ihr Gewicht übersteigt, o[illegible] außerhalb befindlichen Hebel so angehangen, [illegible] der Öffnung berührt, die sie schließen soll. [illegible] die Elasticität des Dampfes nie unter den [illegible] ohne daß die Klappe der Luft freien [illegible] man hat daher nicht zu fürchten, daß [illegible] entstehen werde. Freilich wäre es schwer [illegible] Mittel jede Eindrückung der Wände unfehlbar [illegible] Folge einer plötzlichen und beträchtlichen [illegible]asticität, so kann die Klappe das [illegible] wirksamkeit zwar vermindern, aber [illegible] nur die genaueste Wachsamkeit auf die [illegible] verhindere, daß nicht durch irgend einen [illegible] große Menge über den Kessel [illegible] [illegible]

[illegible]

Verflüchtigung [illegible] nachgewiesen, daß Körper, [illegible] flüchtig sind, auch durch [illegible] halten, sich mit [illegible] [illegible] wenn sie mit [illegible] können, auch wenn [illegible] Temperatur zu [illegible]. Es ist [illegible] wiefern bei [illegible] der Theilchen [illegible].

Versuche von [illegible] [illegible]
die Flaschen, [illegible]
in letztere gewiß [illegible]
Höhe mit den Auflösungen [illegible]
die Röhrchen mit [illegible]
auf dem Wege der [illegible]
[illegible] der Körner [illegible]
darauf verdampft, [illegible]
[illegible], wo sie [illegible]

Die angewandten [illegible]

Verhalt des [illegible]	Der [illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]

[illegible] aus der [illegible] Mangel der [illegible] 13) und vielleicht 5), [illegible] aus der [illegible] Daraus aber den als Aufnahme [illegible] an Statt gefunden [illegible] [illegible] Quecksilberchlorid, [illegible] und vielleicht [illegible] Ammoniak zu den [illegible], die auch schon in gewöhnlicher Temperatur Dampf entwickeln.

Versuche von Calabin**). Als Calabin [illegible] Schwefel, Kali, [illegible], arsenichsaures und [illegible] Ammo- [illegible] Morphin, Veratrin, Brucin, mit Wasser, [illegible] und [illegible], war in den meisten der Destillationsproducte das Vorhandensein [illegible] Stoffe in mehr oder minder reichlichem Verhältnisse, was sich nach

*) Journ. of the royal Inst. 1831. No. 1. p. 70 oder Pogg. XIX. 343.

**) Journ. de chim. méd. 1830. Sept. p. 553.

Größe geringer Verdunstungen messen zu können, bediente er s. Er ließ sich zu diesem Zwecke ein cylindrisches Gefäß von n, welches einen Zoll Tiefe und 2,35 Quadratzoll Oberfläche demselben eine drei Linien dicke Schicht von destillirtem Was- d gefrorenen Zustande an der freien Luft der Verdunstung sverminderung, welche sich mittelst einer genauen Wage bestimmen ließ, gab die Größe der Verdunstung.

: wurde zu diesen Versuchen der Januar 1826 benutzt, wo ur über drei Wochen lang im Schatten, selbst Mittags, ıkt erhielt, nachdem sich das Wasser im Gefäße schon in des Decembers in Eis verwandelt hatte. Das Gefäß stand ı Seite der Wohnung, wo es nicht von der Sonne be- onnte, und war gegen den wenigen Schnee, welcher wäh- el, durch ein vorstehendes Dach geschützt. Das Gewicht e alle 24 Stunden Nachts um 10 Uhr geschätzt. Dasselbe 1sten bis 13ten Januar, wo das Wasser beständig ge- 71,5 Gran (med. Gew.), oder die Größe der Verdun- die Fläche von einem par. Quadratfuß reducirt, 13,7 Cu- ner Höhe von 1,14 par. Lin. entspricht. Die mittlere täg- von dieser Fläche betrug daher 3,1 Gran, oder von einem Cubikzoll, oder, auf die Höhe reducirt, 0,05 Linien.

er Verdunstung zeigte sich an den einzelnen Tagen sehr ıchdem die Luft windig oder ruhig war und mehr oder nthielt, nach schon bekannten Gesetzen.

Tabelle enthält eine übersicht der erhaltenen Resultate it den der gleichzeitig beobachteten übrigen meteorologischen Es ist hier der ganze Januar zusammengefaßt, indem auch die Kälte aufs Neue bedeutend stieg und sich das Thermo- i Tagen Mittags auf kurze Zeit etwas über den Eispunkt , 25sten und 31sten Mittags auf + 1,0 R., + 0,3° R. , wobei es jedoch nur unbedeutend thaute. An die Beob- nuars sind zugleich die des Februars angereiht, woraus Wärme schnell zunehmende Verdunstung näher ergiebt, so rgleichung die größte im vorhergehenden Sommer in 24 r Witterung im Schatten beobachtete Verdunstung beige- chem Tage die Temperatur Nachmittags um 2 Uhr bis :iegen war.

Verdunstung war im Juli in 24 Stunden mehr denn 10 ie stärkste Verdunstung in 24 Stunden im Januar bei differenz beider Tage von 28,95° R.

auf die Angaben des Fischbeinhygrometers ist jedoch zu berück- solches, wahrscheinlich wegen Gefrieren der Feuchtigkeit darin, atte nicht sehr empfindlich zu seyn scheint.

Tabelle über die Verdunstung des Eises.

Zeitpunkte.	Ausdünstung in 24 Stunden. Verdunstung in par. Cubikz. von einer Fläche von 1 □Fuß.	Verdunstete Höhe in Linien.	Mittlere Temperatur in Reaum. Graden.	Mittler Stand des Fischbeinhygrometers	Mittlerer Barometerstand auf + 10° Reaum. reducirt. Zoll	Lin.	Wind und Witterung.
Vom 1sten bis 10ten Januar	0,75	0,062	— 6,36	64,6	26.	11,59	meist heiter mit O. und SO.
vom 11ten bis 20sten Januar	0,46	0,038	— 6,58	62,8	27.	2,37	einige heitre Tage, meist trüb, etwas Schnee, SO., NW.
vom 20sten bis 31sten Januar	0,52	0,043	— 5,98	62,8	27.	3,62	meist heiter mit SO. und O.
vom 1sten bis 10ten Februar	1,20	0,100	+ 0,67	65,0	27.	3,35	gelind, meist heiter, mit Thauwetter, SW., S., SO.
vom 11ten bis 20sten Februar	1,47	0,122	+ 1,74	64,9	27.	2,92	gemischt, mit etwas Regen und meist SW., oft windig.
vom 21sten bis 28sten Februar	4,12	0,343	+ 4,09	59,3	27.	4,28	gemischt, mit etwas Regen und meist SW., oft windig.
größte Verdunstung im Jan. den 9ten	2,80	0,233	— 9,0	60,0	26.	10,57	heiter mit strenger Kälte und starkem NOwind.
kleinste Verdunstung im Jan. den 6ten	0,02	0,001	— 2,2	67,0	26.	10.26	meist bewölkt, neblicht, ruhiger S. u. SOwind.
größte Verdunstung im Febr. den 26sten	5,90	0,491	+ 3,3	57,5	27.	0,91	etwas bewölkt mit starkem SWwind.
kleinste Verdunstung im Febr. den 4ten	0,20	0,016	— 2,0	74,0	27.	2,40	meist heiter, neblicht, ruhige Luft, SWwind.
Summe der Verdunstung im ganzen Jan.	17,8	1,48	— 6,25	63,4	27.	1,71	beinahe anhaltend trockene Kälte.
Summe der Verdunstung im ganzen Febr.	59,7	4,97	+ 2,09	63,3	27.	3,46	gelind, zuweilen etwas Regen, oft heiter.
größte Verdunstung im Sommer 1825 in 24 Stunden, den 18ten Juli.	29,5	2,45	+19,95	30,5	27.	2,35	heiter und heiß bei Owind.

Fischbeinhygrometer. Schübler *) macht die Be-
… vegetabilischen Stoffen bestehenden
… gegen die Feuchtigkeit nicht son-
… unstreitig weil sie selbst gefrieren. So
… untere Atmosphäre bei strenger
… der sich an Bäumen und andern
… schneeartiger Reif absetzte, das Fischbein-
… 67 und 68 Grade der Feuchtigkeit gehen,
… dichten Nebeln über dem Eispunkte
… Maximum von Feuchtigkeit näherte. Die Ver-
… Verhältnissen, das Thermometer mochte
… bei Duft und Nebeln immer höchst
… nach 10 bis 12 Stunden kaum eine Gewichts-

… folgende empirische Formel für Ableitung des Sätti-
… aus den Graden des Haarhygrometers, nach Ver-
… des Psychrometers, sehr genügend, die jedoch
… über 40° gültig seyn möchte, da sie blos
… **) für gemacht wurden, abgeleitet ist, auch
… bestimmt jedes besondere Haarhygrometer be-
werden.

$$\sqrt{1 \ldots} \quad \ldots \quad 0{,}00964\left(h - \frac{1}{13}t\right)\Big]$$

$$68p \;-\; 68p^2 + \frac{1}{13}t$$

… welchen man erhält, wenn man die zum Thau-
… in der Luft wirklich vorhandenen Dampfes
… für die Temperatur der Luftwärme divi-
… Verhältniß der Luft. Mit h sind die Grade des
… bezeichnet, mit t die Luftwärme in Reau-
…
… um das Sättigungsverhältniß der Luft
… Hygrometers herzuleiten. Die letztere, um

*) … in Württemb. I., S. 216.

**) … S. 12.

***) … Coefficienten 0,00964 und $\frac{1}{13}$ für verschiedene … während 1,234, wie es scheint, einen physi- … Herleitung der Formel nicht gegeben ist, kann … In der That, da die Formel zufolge der … entwickelt ist, so können hieraus nicht drei

die Dämpfe enthaltende Raum durch ... der Hauchring sichtbar ge...
War hier wieder das Hygrometer ... in sehr trockner Luft geli...
so wurde die Austrocknung des Barome... Instrumente gar nicht. Di...
rationen brachte der Verfasser das ... alle nach Erfindung desse...
... Um Resultate zu erhalten, ... z. B. das Körner'sche Hygrome...
Verfasser die Versuche mit derselben ... vorgeschlagene Einrichtung, zufol...
größerte nämlich das Volumen ... Thermometerkugel ein oben un...
dann senkte er das Barometer ... größerm Durchmesser als die Th...
welchem sich der Dampf befand, eine vergoldete äußere Oberfläche hat, ...
stimmten die Angaben des Hyg... der Äther träufelt, damit er die Th...
ferner die besten Hygrometer ... Cylinder bis zur Condensationskält...
bis 2° zeigen, so ... an der Oberfläche des Cylinders entstehen...
sein Haar nach [illegible] August versichert mit einem Hygrometer...
achtungsreihen [illegible] noch keine genügende Beobachtung haben
... Auf dies[illegible]
gefunden. [illegible] denselben Umstand am Daniell'schen Hygrometer,
Daniell [illegible] folgende Erfahrung an: „Als ich im Jahr...
richtung, nach [illegible] Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten aufzufinden mich
zuzeigen hat, [illegible] Quantitäten Wasser in einem Ballon von
verwerflich, [illegible] Glase eingeschlossen, und suchte durch den Wechsel
gend gezeigt hat, ... Punkt zu finden, bei welchem zwar noch kein
flusses seiner ... innern Wandung des Ballons gebildet wurde, unter
der eigentlichen ... entstand. Ob es nun gleich viel leichter ist,
... Eine ... so ausnehmend klaren englischen Glases bei durch
besteht darin, ... als eine Verbindung (?) des metallischen
sich das ... so weiß ich doch sehr wohl, daß ich nie zu genauen
die Kugel ... seyn würde, wenn mir nicht das zweite Mittel zu Ge...
des Goldb... nämlich den feuchten Niederschlag durch Temperatur...
... verschwinden zu machen, und durch lange anhaltende An...
stimmung ... Methoden gelang es mir denn endlich, die gesuchten Werthe
die atmosphärischen..."
nau sey. ... Umstand ferner, welcher eine zu niedrige Temperaturangabe
suche mit ... Verschwinden des Dampfringes zu bewirken strebt, muß der
des innern ..., daß, wenn die Ätherkugel von außen erwärmt wird, die
werden, ... Wärme erst durch den Äther und dessen Dampf dringen
entfernt ... die Thermometerkugel erreicht, so daß der Hauchring in der
des Glases schon einen größern Effect erfahren haben muß, als durch das
... angezeigt werden kann.

August's Psychrometer. Die Erfindung des August'schen Hy...
... datirt sich zwar schon von 1825; indeß will ich, da seine An...
... neuerdings immer allgemeiner geworden ist, und man darin über...
...stimmen scheint, daß sie den Vorzug vor der des Daniell'schen Instru...

*) Gehler's Wörterb. V. Art. Hygrometer. S. 612.

ungen folgende, wonach die Grade des Hygrometers den Feuchtigkeits- um so mehr proportional seyn würden, je höher die Tempera- ist.

Das Wesentliche von Melloni's Verfahrungsart, die sich in der Originalabhandlung selbst in großem Detail beschrieben findet, beruht auf gendem:

Wird ein Raum mit reinen Wasserdämpfen gesättigt, so bleibt ein in selben gebrachtes Haarhygrometer bei 100° stehen; wird dieser Raum doppelt, so enthält er nur die Hälfte der zur Sättigung erforderlichen mpfmenge und das Hygrometer bewegt sich gegen den Punkt der Tro- heit. Ist die Temperatur dieselbe geblieben und das Hygrometer blieb etwa 65° stehen, so dürfen wir annehmen, daß dieser Hygrometergrad zeige, daß die Luft die Hälfte der zu ihrer Sättigung erforderlichen mpfmenge enthalte. Wenn nun das Volumen der ursprünglich gegebe- Dampfmenge beliebig geändert und jedesmal der entsprechende Stand Hygrometers aufgezeichnet wird, so läßt sich eine Tafel construiren, lche die ganze Scale des Instrumentes umfaßt.

Um diesen Zweck zu erreichen, construirt der Verfasser ein Barometer, lches aber einen großen Recipienten enthält, der möglichst luftleer gemacht d. Das Hygrometer befindet sich in einem andern Recipienten, in wel- zuerst einige Wassertropfen gebracht werden, um den Raum mit Däm- n zu sättigen. Sodann wird dieser Recipient auf eine Luftpumpe ge- und die Luft verdünnt; hierbei entweicht ein Theil der Dämpfe, wel- aber sogleich von dem tropfbaren Wasser wieder ersetzt wird. Ist die d möglichst verdünnt und es bleibt dann noch einiges Wasser übrig, so d so lange gepumpt, bis das Wasser ganz verdunstet und der Raum egen mit Dämpfen gesättigt ist. Ist dieser Punkt erreicht, so wird das grometer nebst seinem Recipienten auf den oberen Theil des Barometers hraubt; die Dämpfe verbreiten sich in einem größeren Raume, und ihre annung läßt sich aus den Angaben dieses großen und denen eines ge- nlichen Barometers herleiten. Wird das große Barometer in eine mit ecksilber gefüllte Röhre geschoben, oder in dieser erhöht, so läßt sich das umen der Dämpfe nach Willkür ändern, und der Raum, in welchem das Hygrometer befindet, nach Belieben dem Punkte der größten Tro- heit oder Sättigung nähern.

Bei seiner Einrichtung des Apparates konnte der Verfasser aber nur 100° bis 54° des Hygrometers gehen; um auch Versuche für größere de der Trockenheit anzustellen, könnte man zwar Röhren von größerer ke nehmen, jedoch wendete er ein anderes Verfahren an. War nämlich Hygrometer bis 45° gekommen, so wurde der Hahn des Recipienten, dem es sich befand, geschlossen, und von dem Barometer abgeschraubt, anderer, geglühtes Chlorcalcium enthaltender, Recipient oben an das rometer befestigt und dieses dadurch getrocknet. War dieses geschehen, wurde das Hygrometer wieder an dem oberen Theile befestigt und der

die Dämpfe enthaltende Raum durch Hebung der Barometerröhre vergrößert. War hier wieder das Hygrometer bis zu dem äußersten Punkte gekommen, so wurde die Austrocknung des Barometers wiederholt. Durch diese Operationen brachte der Verfasser das Hygrometer bis 9°.

Um Resultate zu erhalten, welche möglichst genau wären, stellte der Verfasser die Versuche mit derselben Dampfmenge zweimal an. Er vergrößerte nämlich das Volumen des Dampfes so viel als möglich, und sodann senkte er das Barometer wieder in die Tiefe, um den Raum, in welchem sich der Dampf befand, wieder zu verkleinern. In beiden Fällen stimmten die Angaben des Hygrometers bis auf Kleinigkeiten überein. Da ferner die besten Hygrometer in ihren Angaben oft Abweichungen von 1° bis 2° zeigen, so änderte der Verfasser nach jeder Reihe von Versuchen sein Paar nach jedem Versuche noch zweimal, dergestalt, daß er drei Beobachtungsreihen erhielt, welche mit drei verschiedenen Paaren angestellt waren. Auf diese Weise wurden die in obiger Tabelle enthaltenen Resultate gefunden.

Daniell'sches Hygrometer. Die ursprüngliche Daniell'sche Einrichtung, nach welcher das Thermometer, das die Temperatur der Luft anzuzeigen hat, im Fußgestelle des Instrumentes selbst angebracht wird, ist verwerflich, indem Bohnenberger *) durch verschiedene Versuche genügend gezeigt hat, daß das so angebrachte Thermometer in Folge des Einflusses seiner Umgebungen sehr unempfindlich ist, und oft gegen 3° F. von der eigentlichen Lufttemperatur im Freien abweicht.

Eine Modification, die August **) diesem Instrument gegeben hat, besteht darin, daß die Kugel an dem Arme des Instruments, in welchem sich das inwendige Thermometer befindet, so gebogen ist (Fig. 36 ***), daß die Kugel des Thermometers e möglichst nahe an der äußern Oberfläche des Goldreifens sich befindet, so daß die Entfernung e c höchstens zwei pariser Linien beträgt. Diese Einrichtung trifft August, damit die Übereinstimmung zwischen der Temperatur des äußern Umfangs, an welchem sich die atmosphärischen Dünste condensiren und der des Thermometers möglichst genau sey. In der That belehrten ihn viele sehr sorgfältige gleichzeitige Versuche mit Instrumenten von verschiedener Construction, daß die Anzeigen des innern Thermometers beim Entstehen des Hauchringes immer niedriger werden, je weiter das Thermometer von der äußern Oberfläche der Kugel entfernt ist; offenbar eine Folge der schlechten Leitung der Flüssigkeit und des Glases. — Adie wendet zur Beseitigung desselben Übelstandes das Schütteln der Kugel, in welche das innere Thermometer taucht, bei einer et-

*) Naturwissensch. Abhandl. II.

**) August über die Fortschritte der Hygrometrie S. 3. — Eine Zusammenstellung der frühern Modificationen, die das ursprüngliche Daniell'sche Hygrometer von Greiner, Döbereiner, Körner erfahren hat, s. in Gehler's Wörterb. V. S. 616 ff. oder den Suppl. zu Baumg. Phys. S. 259.

***) In dieser Figur ist blos ein Arm des Instruments verzeichnet.

was abgeänderten Einrichtung des Daniell'schen Apparats (die jedoch sonst keine wesentliche Verbesserung mit sich bringt) an, um so die Temperatur schneller durch die ganze Masse der Flüssigkeit zu verbreiten (Schweigg. J. LVI. S. 459).

Hinsichtlich der Beobachtung des Daniell'schen Hygrometers macht August darauf aufmerksam, daß man sich nicht eher für überzeugt halten kann, einen richtigen Versuch gemacht zu haben, als wenn man bemerkt, daß das innere Thermometer in dem Augenblicke, wo äußerlich der Hauchring sichtbar wird, auch zugleich zu sinken aufhört, und mit dem darauf beginnenden Steigen desselben der Hauchring auch wieder verschwindet. Alle andern Beobachtungen sind, wenn es sich um Genauigkeit handelt, mehr oder minder unzulässig, und die Annahme, der eigentliche Condensationspunkt liege zwischen der Temperatur, bei welcher (nach dem innern Thermometer beobachtet) der Hauchring zu entstehen, und der, bei welcher er zu verschwinden scheint, erklärt August für ganz unstatthaft *). Er bemerkt in dieser Hinsicht: „Offenbar entsteht doch diese Verschiedenheit der Temperaturangabe beim Entstehen und Verschwinden des Hauchringes nur durch zu lebhafte Erkaltung des eingeschlossenen Äthers; das innere Thermometer bleibt in solchem Falle vermöge der Trägheit des Quecksilbers ein wenig zurück, zeigt also im ersten Augenblicke des Steigens eine etwas zu hohe Temperatur. Häuft sich nun der Wasserbeschlag an, so braucht er mehr Zeit zum Entweichen und verschwindet erst, wenn das Thermometer wieder bedeutend höher steht, als beim Entstehen des Ringes. Da also beide Beobachtungen eine zu hohe Temperatur geben, so wird durch die Annahme des Mittels der Fehler noch vermehrt, den man auszugleichen beabsichtigt."

Es muß indeß bemerkt werden, daß sowohl für den ersten als für den letztern Fall Umstände vorhanden sind, welche der zu hohen Temperaturangabe entgegenwirken, und in vielen Fällen das Übergewicht erhalten möchten, so daß, da diese Umstände keiner Berechnung fähig sind, hierdurch jedenfalls eine große Unsicherheit in den Angaben des Daniell'schen Instruments herbeigeführt wird, welche es in Nachtheil setzt gegen das nachher ausführlicher zu beschreibende August'sche Psychrometer, das diese Übelstände nicht darbietet.

August selbst bemerkt: daß das Daniell'sche Hygrometer, wenn es sehr sorgfältig beobachtet werde, die Temperatur des Thaupunktes etwas niedriger angeben müsse, als sie wirklich ist, und dieser Fehler um so größer seyn müsse, je weniger Dunst die Luft enthält, gehe schon daraus hervor, daß der Hauchring erst sichtbar werden kann, wenn der Condensationspunkt schon überschritten ist und eine gewisse Quantität von Dunstbläschen die vergoldete Oberfläche der Beobachtungskugel bereits so bedeckt

*) B. Bohnenberger, v. Bürg u. A. haben nämlich den eigentlichen Thaupunkt zugleich mit aus derjenigen Temperatur bestimmen wollen, bei welcher der auf dem Goldstreifen entstandene Thau wieder verschwindet.

hat, daß durch die veränderte Lichtreflexion der Hauchring sichtbar geworden ist. Bei sehr hohen Temperaturen und in sehr trockener Luft gelingen daher Versuche mit dem Daniell'schen Instrumente gar nicht. Dieselbe Unsicherheit theilen mit diesem Hygrometer alle nach Erfindung desselben angegebenen ähnliche Vorrichtungen, wie z. B. das Körner'sche Hygrometer und die neuerdings erst von Bohnenberger vorgeschlagene Einrichtung, zufolge welcher um die mit Musselin umwickelte Thermometerkugel ein oben und unten offener Cylinder von nicht viel größerm Durchmesser als die Thermometerkugel befestigt wird, der eine vergoldete äußere Oberfläche hat, in dessen innern Raum man von oben her Äther träufelt, damit er die Thermometerkugel mit dem umgebenden Cylinder bis zur Condensationskälte abkühle, deren Eintritt durch den an der Oberfläche des Cylinders entstehenden Hauchring angezeigt wird. August versichert mit einem Hygrometer von dieser Einrichtung bis jetzt noch keine genügende Beobachtung haben zu Stande bringen zu können.

Muncke *) rügt denselben Umstand am Daniell'schen Hygrometer, und führt in diesem Bezuge folgende Erfahrung an: „Als ich im Jahre 1814 die Dichtigkeit der Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten aufzufinden mich bemühte, hatte ich gewogene Quantitäten Wasser in einem Ballon von dem klarsten englischen Glase eingeschlossen, und suchte durch den Wechsel der Temperatur denjenigen Punkt zu finden, bei welchem zwar noch kein Niederschlag an der innern Wandung des Ballons gebildet wurde, unter welcher aber derselbe sogleich entstand. Ob es nun gleich viel leichter ist, die geringste Trübung so ausnehmend klaren englischen Glases bei durchfallendem Lichte wahrzunehmen, als eine Verbindung (?) des metallischen glänzenden Goldes, so weiß ich doch sehr wohl, daß ich nie zu genauen Resultaten gelangt seyn würde, wenn mir nicht das zweite Mittel zu Gebote gestanden hätte, nämlich den feuchten Niederschlag durch Temperaturerhöhung wieder verschwinden zu machen, und durch lange anhaltende Anwendung beider Methoden gelang es mir denn endlich, die gesuchten Werthe genau zu erhalten."

Als ein Umstand ferner, welcher eine zu niedrige Temperaturangabe beim Wiederverschwinden des Dampfringes zu bewirken strebt, muß der angesehen werden, daß, wenn die Ätherkugel von außen erwärmt wird, die aufgenommene Wärme erst durch den Äther und dessen Dampf dringen muß, ehe sie die Thermometerkugel erreicht, so daß der Hauchring in derselben Zeit schon einen größern Effect erfahren haben muß, als durch das Thermometer angezeigt werden kann.

August's Psychrometer. Die Erfindung des August'schen Hygrometers datirt sich zwar schon von 1825; indeß will ich, da seine Anwendung neuerdings immer allgemeiner geworden ist, und man darin übereinzustimmen scheint, daß sie den Vorzug vor der des Daniell'schen Instru-

*) Gehler's Wörterb. V. Art. Hygrometer. S. 652.

[illegible]ge der Adhäsion des Wassers vom Glase benetzt wird. Überläßt man [illegible]n das Instrument sich selber, so bemerkt man jedesmal ein rasches Sin[illegible] bis mehrere Grade unter 0, darauf ein plötzliches Steigen bis 0,2 oder [illegible], auf welchem Punkte es dann fast fünf Minuten verharrt, bevor es [illegible]eder zu sinken anfängt. Während dieser Zeit geschieht die Vereisung des [illegible]assers an der Oberfläche des eingetauchten Thermometers, und es giebt, [illegible]äufig gesagt, keinen bestimmteren und kürzeren Versuch über die Er[illegible]scheinung der frei werdenden Wärme beim Gefrieren des Wassers als diesen. [illegible]enn nun dem beeiseten Psychrometer Zeit gelassen wird, seinen niedrigen [illegible]tand zu erhalten, welches nach etwa 10—15 Minuten geschehen ist, so [illegible]hält es diesen eben so constant, wie das befeuchtete Thermometer bei hö[illegible]heren Temperaturen. Die Differenz ist aber jederzeit nur geringe, theils, [illegible]eil im Winter die Luft größtentheils dem Sättigungspunkte sehr nahe ist, [illegible]theils weil überhaupt in diesen niederen Temperaturen geringere Differenzen [illegible]er Expansivkraft auf größere Abstände des Thaupunktes von der Luft[illegible]wärme schließen lassen. Man thut wohl, nach jeder Beobachtung das Ein[illegible]tauchen zu wiederholen, damit sich die Eisrinde fortdauernd um das Ther[illegible]mometer erhalte.

Die Regel zur Berechnung des Feuchtigkeitszustandes aus der Angabe [illegible]es Psychrometers muß etwas modificirt werden, je nachdem es mit tropf[illegible]barem Wasser benetzt, oder mit Eis bedeckt worden, wie weiterhin angege[illegible]ben werden wird.

Gebrauch des Instruments. Die Data der Beobachtung, welche [illegible]man durch das Instrument erhält, sind die absoluten Temperaturen beider Thermometer und ihre Differenz, wobei zugleich der Barometerstand aufzuzeich[illegible]nen ist (untereinander zusammenhängenden); die Größen, welche hiernach be[illegible]stimmt werden sollen, sind: 1) die Spannkraft des in der Luft zur Zeit der Beob[illegible]achtung vorhandenen Wasserdunstes; 2) der Thaupunkt, d. i. die Tempe[illegible]ratur, bis zu welcher sich die Luft abkühlen müßte, damit aus ihr ein Niederschlag erfolgte; 3) der Sättigungszustand der Luft, d. i. das Verhält[illegible]niß der in der Luft vorhandenen Dunstmenge zu dem Maximum der Dunst[illegible]menge, die sie bei der bestehenden Temperatur enthalten könnte; 4) das absolute Gewicht Dunst, welches ein gegebenes Volumen der Luft enthält.

1) Bestimmung der Spannkraft des Dunstes. Um nach den Datis der Beobachtung diese Bestimmung vornehmen zu können, ist vor al[illegible]lem erforderlich, für die Temperatur des feuchten Thermometers die Span[illegible]nung zu kennen, welche der Dunst bei dieser Temperatur im Maximum der Dichtigkeit haben würde. Nun findet man in jedem Lehrbuche der Physik *) Tabellen, welche die den verschiedenen Temperaturen entsprechende Dunst[illegible]spannung im Maximum angeben, allein da diese Tabellen meist blos von Grad zu Grad fortschreiten, die Beobachtungen mit dem Psychrometer aber [illegible]viel kleinere Differenzen der Temperatur zu unterscheiden nöthig machen, so

*) Biot. I. S. 303; Gehler's Wörterb. II. S. 351 u. a.

zum Verdunstungspunkte abkühlt. Hinsicht [illegible] aufgestellten, in
durch die August die nachher anzuführ [illegible] Temperaturen der Erfahru
Feuchtigkeitszustandes der Luft aus der [illegible] Spannung im Maximum von
müssen wir auf seine Abhandlungen [illegible] berechnet *), welche Tabelle
[illegible] folgen lassen werde.

Beschreibung des Instru [illegible] (oder irgend einer andern) T
Instruments sind nach dem Vorsch [illegible] Thermometers die entsprechende D
dient, die Lufttemperatur [illegible] welcher man die ganzen Grade in d
Wasser benetzt, und der [illegible] in der ersten Querreihe angedeut

Folgendes ist die mit [illegible] zu den ganzen Graden gehörigen L
vollkommen übereinstimmen [illegible] gehörigen Längenspalte gefundene Zahl
fer in Wien verfertigt [illegible] Spannkraft des Wasserdunstes im Max
[illegible] a b c d (Fig. 37) [illegible] feuchten Thermometers aus.
zwei auf einander [illegible] Thermometer des Psychrometers keinen U
ist. Auf diese [illegible] feuchte genau dieselbe Temperatur an, welche d
die sehr empfind [illegible] auf diese Weise in der Tafel gefundene Zahl
reicht von — 25 [illegible] Spannung des Dunstes in der Atmosphäre anzei
Kugel [illegible] in der Atmosphäre im Maximum und die Luft
frei [illegible] sie keinen Dunst mehr aufnehmen könnte).
von einem [illegible] Fällen aber, wo das trockene Thermometer höher st
der Luft [illegible] durch Reaumursche Grade ausgedrückten Temperat
[illegible] das feuchte Thermometer beeist ist, nur $\frac{1}{3}$) von jen
[illegible] aufgesuchten Zahl (die das Spannungsmaximum angieb
[illegible] (wenn der Barometerstand der mittlere von 336 Par
[illegible] in Pariser Linien die Spannung des in der Atmosphä
[illegible] Dunstes zu erhalten. Ist der Barometerstand beträchtlich g
[illegible] als 336 Par. Lin., so muß man noch $\frac{1}{10000}$ (oder wenn d
[illegible] ist, bloß $\frac{1}{1000}$) dieser Abweichung mit dem Unterschiede be
[illegible] multipliciren, und im Falle eines größern Barometersta

*) Für Reaumur'sche Grade ist diese Formel folgende:

$$\log.\ e' = 0,3506511 + \frac{7,9817243\ t'}{213,4878 + t'}$$

wo e' das Spannungsmaximum in Pariser Linien Quecksilberhöhe welches der Temperatur t' zugehört. Für Centesimalgrade verwandelt [illegible]:

$$\log.\ e' = \frac{23,945371\ t'}{800 + 3\ t'} = 2,2960383$$

Diese Formel, deren nähere Herleitung August in Pogg. Ann. XIII. [illegible], kann nur als Interpolationsformel, gültig für Temperature bei Psychrometer-Beobachtungen vorkommen, angesehen werden, da sie [illegible] Temperaturen die Spannung stärker wachsen läßt, als nach wirklichen [illegible] ungen der Fall. Übrigens kann man sich auch, wenn man will, Tab nach anderen Formeln als den hier angegebenen berechnet sind, bedien daß dies im Übrigen das oben weiter aus einander gesetzte Verfahr wird.

…n gefundenen Größe hinzufügen, bei einem niedrigern …n abziehen *).

…Regel durch ein Beispiel:

… um 2½ Uhr Nachmittags beobachtete Erman …ndes:

… Thermometers . . . 19°,1 R.

…chten Thermometers . . . 11°,1 R.

Differenz **) . . . . 8°.

…ie Spannung des atmosphärischen Dunstes zu berechnen, … 11°,1 gehörige Spannung in der Tafel S. 214 auf: man …eser Zahl subtrahirt man ⅜ der beobachteten Temperatur… …n diesem Falle 3,00 beträgt. Die Subtraction giebt 2‴,56. …rometer 2 Linien höher als 336‴ ***) stand, so ist noch …,02 von der gefundenen Zahl zu subtrahiren. Man er… Weise

— ⅜ × 3,00 — 0,0022 × 8 = 2‴,54

in der Luft enthaltenen Dunstes.

…egel ist übrigens nur eine Annäherung, die jedoch hin… daß die Abweichung von der genauern Regel, die wir jetzt … im Allgemeinen vernachlässigt werden kann. Diese ge… …ür Reaumursche Grade folgende:

…annung des in der Luft vorhandenen Dunstes zu finden, …t aus folgenden 3 Größen: 1) die Zahl 0,558; 2) die …z beider Thermometer; 3) den in Pariser Linien ausge…rstand; dividire dieses Product mit dem Reste, welcher …512 ****) die Temperatur des feuchten Thermometers abge…ziehe den so erhaltenen Quotienten von dem Spannungs…ches nach der Tabelle der Temperatur des feuchten Ther… ; *****).

…l läßt sich (für Reaumursche Grade) auf folgende Formeln …ie erste für Beobachtungen des bloß nassen, die andere für … mit einer Eisrinde überzogenen Psychrometers gültig ist. Es …chte Spannung des in der Luft vorhandenen Wasserdunstes; …der Spannung des Dunstes, welche der Temperatur t′ des …ten Thermometers zukommt, t die Temperatur des trockenen …er (auf 0° reducirte) Barometerstand in Par. Linien.

– ⅜ (t — t′) — 0,0011 (336 — b) (t — t′)

– ⅓ (t — t′) — 0,0010 (336 — b) (t — t′).

…rb eine so hohe Differenz beobachtet.

…chtheile der Linien beim Barometerstande kann man nämlich …rthum außer Acht lassen.

…as Thermometer mit Eis bedeckt ist, 572 statt 512.

Regel wird durch folgende Formeln für Reaumur'sche Grade aus… die erste für Beobachtungen des bloß nassen, die andere für

hat August [illegible] genaueren Regel berechnet, würde [illegible]

Genüge leistenden Formel [illegible] $\frac{[illegible] \,.\, [illegible] \,-\, [illegible],23}{[illegible]\; 11,1}$ = 2,55 bis + 29° R. auch für [illegible] 11,1 *)

ich [illegible], mit dem nach der angenäherten Regel erhaltenen [illegible] übereinstimmt.

[illegible]) Bestimmung des Thaupunkts. Wenn man die Spannung [illegible] in der Luft vorhandenen Dunstes kennt, so ergiebt sich unmittelbar der Thaupunkt, wenn man zu dieser Spannung die in der Tabelle zugehörige [illegible] sucht. Mithin würde bei dem angeführten Beispiele 1°,5 der Thaupunkt sein **).

[illegible] Beobachtungen des mit einer Eisrinde überzogenen Psychrometers gültig ist. (Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung als S. 209 Anm.)

$$x = e' - \frac{0,[illegible]\,(t - t')\,b}{[illegible] - t'}$$

$$x = e' - \frac{0,[illegible]\,(t - t')\,b}{[illegible] - t'}$$

Für Centesimalgrade würde man statt dieser Formeln respective folgende anzuwenden haben:

$$x = e' - \frac{0,[illegible]\,(t - t')\,b}{[illegible] - t'}$$

$$x = e' - \frac{0,[illegible]\,(t - t')\,b}{[illegible] - t'}$$

[illegible] und die Formeln, wie sie August in seiner neuesten Darstellung (über die Fortschritte der Hygrometrie S. 7, 12, 30) angiebt. Die früher von ihm angewandten waren nicht ganz richtig entwickelt (Pogg. V. 76), insofern dabei die latente Wärme des Wasserdunstes unter allen Temperaturen als ungeändert angenommen worden war; auch schließen sie sich minder gut als die obigen, deren [illegible] er erst künftig zu geben verspricht, an die Erfahrungen an. Bemerkt mag werden, daß die vorigen Formeln aus folgender entstanden sind:

$$x = e' - \frac{0,558\,(t - t')\,b}{\lambda - t'}$$

wo λ die latente Wärme des Dunstes bei t° bezeichnet, wenn das Thermometer feucht ist; oder die latente Wärme des tropfbaren Wassers, wenn das Thermometer mit Eis bedeckt ist.

Die Formel, welche Baumgartner in seinen Supplementen (S. [illegible]) [illegible] stimmt mit der frühern von August überein.

*) Unstreitig durch Versehen schreibt August bei diesem Beispiel 19,1 statt 11,1 denn nach seiner Formel ist nicht t, sondern t' abzuziehen.

**) Um direct aus den Angaben des Psychrometers den Thaupunkt t'' zu [illegible] dient nach August folgende Formel:

für Réaumur'sche Grade:

$$t'' = 213,4978\;\frac{\log.\,x - 0,[illegible]}{8,[illegible] - \log.\,x}$$

Bestimmung des Sättigungszustandes der Luft. Man
die Spannung, welche der Dunst in der Luft hat, mit der Maxi-
nnung, welche der durch das trockene Thermometer angezeigten
atur nach der Tabelle zugehören würde; so erhält man das Sätti-
rhältniß.

ı bei dem vorigen Beispiele stehen zu bleiben, so findet man aus
belle, daß der Temperatur 19°,1 das Spannungsmaximum 10,14
ht. Man dividire mithin 2,55 durch 10,14, so findet man

$$\frac{2,55}{10,14} = 0,245$$

Bestimmung des Gewichts Dunst, welches ein gegebe-
olumen Luft enthält. Man kennt aus Tabellen, welche sich
ikalischen Lehrbüchern finden (eine Tabelle von August ist zum
des Artikels beigefügt), das Gewicht Dunst, welches sich, wenn
ım bei einer gewissen Temperatur mit Dunst gesättigt ist, in einem
n Volumen desselben findet. Man suche dies Gewicht für die Tem-
des trocknen Thermometers auf und multiplicire es mit dem Bruch,
nach 3) das beobachtete Sättigungsverhältniß ausdrückt, so hat
Verlangte.

findet man aus Tabelle II. zum Schluß des Artikels, daß bei
t. 14,85 Grane Feuchtigkeit in 1 Cub. Fuß Luft beim Maximum der
eit enthalten sind, dies mit 0,245 multiplicirt, giebt 3,64 Gran
ıge der Feuchtigkeit, welche unter den Umständen der Beobachtung
ıb. Fuß Luft enthalten war *).

weise für die Richtigkeit der August'schen Regel. Da
nel, auf welche die August'sche Regel zur Berechnung der Spann-

Centesimalgrade:

$$t'' = \frac{800}{3} \cdot \frac{2,2960863 + \log. x}{5,6857520 - \log. x}$$

rch die Formeln S. 210 bestimmt wird.

ikle (Philos. J. Nr. 2. p. 31) berechnet bei mittlerm Barometerstande
upunkt unmittelbar nach folgender Formel:

Reaumur'sche Grade:

$$t'' = t - \frac{(t - t')(t - t' + 44)}{t' + 14,4}$$

Centesimalgrade:

$$t'' = t - \frac{(t - t')(t - t' + 55)}{t' + 18}$$

rmel giebt in der That den Thaupunkt ebenfalls ziemlich scharf an.

Man kann auch nach August das Gewicht y des in 1 Pariser Cubikfuß
der Temperatur t (R.) und der Spannung x (welche nach 1) bestimmt
haltenen Feuchtigkeit direct nach folgender Formel bestimmen:

$$y = \frac{1,63\ x}{1 + 0,005\ t}\ \text{Gran.}$$

Das vorige Beispi[illegible] zusammen[illegible] Umstän[illegible]
folgendes Resultat geben: [illegible] der [illegible] bei den Umstän[illegible]

$$5,56 - \frac{0,558}{512} \cdot$$ [illegible]mmenden, [illegible] ihren Ursprung[illegible]

welches, wie man sieht [illegible] durch Erfahrung zu zeigen, [illegible]
Werthe merklich übereinstim[illegible] den Beobachtungen genüge. [illegible]
[illegible] Richtigkeit [illegible] das Wor[illegible]

2) Bestimmung de[illegible] ein feuchtes Thermometer künstlich [illegible]
des in der Luft vorhandenen [illegible] und bei verschiedenem Druck und [illegible]
Thaupunkt, wenn [illegible]kälte beobachtet. Berechnet man nun [illegible]
Temperatur sucht. [illegible] Beobachtungen die Spannkraft des [illegible]
Thaupunkt [illegible] Luft, so findet man sie merklich null, [illegible]
[illegible] Rechnung null war. Zur Vergleichung [illegible]
[illegible] Versuchen aus:

Temperatur t	Verdunstungskälte t'	Spannkraft e
[illegible]0° R.	— 4,7° R.	— 0,04''' [illegible]
[illegible]	+ 8,2	+ 0,0[illegible]
[illegible]	+ 1,6	+ 0,05[illegible]
[illegible]	+ 0,4	+ 0,00[illegible]

[illegible], wie man sieht, nur Hunderttheile einer [illegible]
[illegible] werden dürfen.

[illegible] einem geräumigen geheizten Zimmer bei verschie[illegible]
[illegible], so daß man überall gleichen Feuchtigkeitszu[illegible]
[illegible], zur Winterszeit Beobachtungen mit dem [illegible]
[illegible] und nahe dem Ofen anstellt (wobei [illegible]
[illegible] Papier gegen die Einwirkung der [illegible]
[illegible] die Thermometer einen ungleichen Stand [illegible]
[illegible] der gegebenen Regel die Expansivkraft des [illegible]
[illegible], so erhält man dieselbe Größe, [illegible]
[illegible], da der in der Nähe des Ofens mit der [illegible]
[illegible] Dampf, wenn er sich ausdehnt, doch deshalb [illegible]
[illegible] seine Expansivkraft nicht ändert. Zum Bele[illegible]
[illegible] S. 22 ein Versuch beigefügt.

[illegible] diesen Versuchen zugleich Veranlassung, die [illegible]
[illegible] Wörterb. VI. 652 erörterte Vermuthung für [illegible]
[illegible] welcher die Verdunstungskälte des feuchten [illegible]
[illegible] Thaupunkt ergeben soll, während ihn das [illegible]
[illegible] zu tief finden lasse. Wenn nämlich diese Ansi[illegible]
[illegible] das feuchte Thermometer bei den in Rede stehen[illegible]
[illegible] und Ferne des Ofens einen gleichen Stand zei[illegible]
[illegible] eine Differenz von 0,8° R. wahrnahm, die ni[illegible]
[illegible] erklärbar war.

[illegible] Thaupunkt nach der August'schen Regel aus [illegible]
[illegible] berechnet und mit gleichzeitig angestellten, sorg[illegible]

[illegible] Beobachtungen des Thaupunkts mittelst des Daniell'schen [illegible] vergleicht, so findet man die beste Übereinstimmung beider.
[illegible] Weg zu dieser Übereinstimmung findet man bei August in [illegible]inen Fortschritten der Hygrometrie S. 18, 21, 80, in seinen Tafeln, [illegible]ormeln u. s. w. S. 3 ff.; von Schübler in Schweigg. J. LVIII. 214.

Tabelle I.

Spannkräfte des Wasserdunstes im Maximum für Reaumur'sche Grade und Pariser Linien.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
− 29	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
28	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12
27	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
26	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
25	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
− 24	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19
23	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
22	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24
21	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27
20	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30
− 19	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33
18	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37
17	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41
16	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46
15	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51
− 14	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56
13	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,62
12	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68
11	0,82	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76	0,75
10	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83
− 9	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
8	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00
7	1,20	1,19	1,18	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10
6	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21
5	1,44	1,43	1,41	1,40	1,39	1,38	1,36	1,35	1,34	1,33
− 4	1,57	1,56	1,55	1,54	1,52	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45
3	1,72	1,71	1,69	1,68	1,66	1,65	1,63	1,62	1,60	1,59
2	1,88	1,86	1,85	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,75	1,74
1	2,05	2,03	2,02	2,00	1,98	1,96	1,95	1,93	1,92	1,90
0	2,24	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12	2,11	2,09	2,07
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
+	0	2,24	2,26	2,28	2,30	2.32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42
	1	2,44	2,46	2,48	2,50	2,52	2,54	2,57	2,59	2,61	2,63
	2	2,65	2,68	2,70	2,72	2,75	2,77	2,79	2,82	2,84	2,86
	3	2,89	2,91	2,94	2,96	2,99	3,01	3,04	3,06	3,09	3,11
	4	3,14	3,16	3,19	3,22	3,24	3,27	3,30	3,33	3,35	3,38
+	5	3,41	3,44	3,47	3,49	3,52	3,55	3,58	3,61	3,64	3,67
	6	3,70	3,73	3,76	3,79	3,82	3,85	3,89	3,92	3,95	3,98
	7	4,01	4,05	4,08	4,11	4,15	4,18	4,21	4,25	4,28	4,31
	8	4,35	4,38	4,42	4,46	4,49	4,53	4,56	4,60	4,64	4,67
	9	4,71	4,75	4,79	4,82	4,86	4,90	4,94	4,98	5,02	5,06
+	10	5,10	5,14	5,18	5,22	5,26	5,30	5,34	5,38	5,43	5,47
	11	5,51	5,56	5,60	5,64	5,69	5,73	5,78	5,82	6,87	5,91
	12	5,96	6,00	6,05	6,10	6,14	6,19	6,24	6,29	6,34	6,38
	13	6,43	6,48	6,53	6,58	6,63	6,68	6,74	6,79	6,84	6,89
	14	6,94	7,00	7,05	7,10	7,16	7,21	7,27	7,32	7,38	7,43
+	15	7,49	7,54	7,60	7,66	7,72	7,77	7,83	7,89	7,95	8,01
	16	8,07	8,13	8,19	8,25	8,31	8,38	8,44	8,50	8,56	8,63
	17	8,69	8,76	8,82	8,89	8,95	9,02	9,09	9,15	9,22	9,29
	18	9,36	9,42	9,49	9,56	9,62	9,70	9,77	9,85	9,92	9.99
	19	10,06	10,14	10,21	10,28	10,36	10,43	10,51	10,59	10,66	10,74
+	20	10,82	10,90	10,98	11,05	11,13	11,21	11,29	11,37	11,46	11,54
	21	11,62	11,71	11,79	11,87	11,96	12,04	12,13	12,22	12,30	12,39
	22	12,48	12,57	12,66	12,75	12,84	12,93	13.02	13,11	13,20	13,30
	23	13,39	13,48	13,58	13,67	13,77	13,87	13,96	14,06	14,16	14,26
	24	14,36	14,46	14,56	14,66	14,76	14,87	14,97	15,07	15,18	15,28
+	25	15,39	15,50	15,60	15,71	15,82	15,93	16,04	16,15	16,26	16,37
	26	16,48	16,60	16,71	16,83	16,94	17,06	17,17	17,29	17,41	17,53
	27	17,65	17,77	17,89	18,01	18,13	18,25	18,38	18,50	18,63	18,75
	28	18,88	19,01	19,14	19,26	19,39	19,52	19,66	19,79	19,92	20,05
	29	20,19	20,32	20,46	20,60	20,73	20,87	21,01	21,15	21,29	21,43
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabelle II.

Bestimmung des Dunstgewichts *) im Maximum für Pariser Cubikfuß und Reaumur'sche Grade.

Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran
— 20	0,60	— 10	1,54	+ 0	3,65	10	7,90	20	15,88
— 19	0,66	— 9	1,69	+ 1	3,96	11	8,50	21	16,97
— 18	0,73	— 8	1,85	+ 2	4,29	12	9,14	22	18,11
— 17	0,81	— 7	2,03	+ 3	4,64	13	9,81	23	19,32
— 16	0,89	— 6	2,23	+ 4	5,01	14	10,53	24	20,60
— 15	0,98	— 5	2,42	+ 5	5,42	15	11,30	25	21,96
— 14	1,08	— 4	2,63	+ 6	5,86	16	12,11	26	23,38
— 13	1,18	— 3	2,86	+ 7	6,33	17	12,97	27	24,90
— 12	1,29	— 2	3,10	+ 8	6,82	18	13,89	28	26,47
— 11	1,41	— 1	3,36	+ 9	7,34	19	14,85	29	28,14

Hölzernes Hygrometer von Delacombe**). Wir führen dies neuerdings angegebene Instrument der Vollständigkeit wegen mit auf, ohne ihm jedoch eine physikalische Brauchbarkeit beimessen zu wollen.

Das Hauptstück des Instruments besteht aus einer schmalen hölzernen Platte oder einem Züngelchen, welches durch Vorsteckstiftchen mit einer dünnen messingenen Platte verbunden ist. Die Holzfasern des Züngelchens laufen quer, die Metallplatte ist etwas elastisch. Dies Stück nun ist in dem Augenblicke, in welchem es gemacht wird, gerade; allein es krümmt sich nach der größern oder geringern Feuchtigkeit der Luft gegen die eine oder die andere Seite; bei zunehmender Feuchtigkeit wird es an der Seite der Metallplatte concav, bei zunehmender Trockenheit wird es an eben dieser Seite convex.

Das Stück, welches aus Holz und Messing besteht, ist an dem einen Ende an einer bestimmten Stelle fixirt, während es an dem andern Ende einen Bügel trägt, der mit einem Bogen articulirt; die Saite oder Schnur dieses Bogens rollt sich auf eine walzenförmige Axe und das Ende dieser Axe ist mit einer Nadel versehen, die auf einem graduirten Rande die Grade der Luftfeuchtigkeit anzeigt. Erleidet nun das beschriebene hygrometrische Stück eine Veränderung in seiner Form, so muß sich die Nadel nach der einen oder nach der andern Seite bewegen, und der Raum, den die Nadel auf dem graduirten Rande durchläuft, ist um so größer, je länger das hygrometrische Stück, je kleiner der Durchmesser der walzenförmigen Axe und je länger die Nadel selbst ist.

*) Die Art der Grane ist nicht bezeichnet. Unstreitig jedoch Preußisches Gewicht.

**) Bull. de la soc. d'encour. 1833 Mars. oder Dingler's polytechn. Journ. XLI. 104.

Unter allen Zeigern wendet Delacombe vorzüglich [illegible] der Weiden oder der weißen Pappeln zu seinem Hygrometer [illegible]. [illegible] Punkte seines Maßstabes nimmt er die größte [illegible] und die größte Trockenheit an, die er wie Saussure bestimmt.

Mittelst einer Nußschraube endlich und durch Veränderung der [illegible] des Bügels, der sich an dem Bogen befindet, regulirt er sein Instrument so, daß die Nadel zwischen den beiden äußersten Punkten der Feuchtigkeit und Trockenheit den ganzen Umfang des Kreises, der in 100 Grade und in Bruchtheile von Graden getheilt ist, durchläuft.

Das ganze Instrument hat die Form einer Medaille von [illegible] Centimeter im Durchmesser; die Fläche, an welcher sich die Nadel und der graduirte Rand befindet, ist mit einem gewölbten Glase versehen; die andere Hälfte hingegen ist mit einer ausgeschnittenen Kupferplatte [illegible] jedoch so, daß die Luft freien Zutritt zu dem Innern des Glases [illegible]

Mittel zur Bestimmung des Wassergehalts der [illegible] [illegible], von Brunner *).

Das nachfolgende sinnreiche Verfahren gründet sich darauf, [illegible] bestimmtes Volumen atmosphärischer Luft durch eine gewisse Quantität [illegible] reiner Schwefelsäure streichen zu lassen, welche man vor und nach [illegible] Versuche wägt. Der Verfasser überzeugte sich, daß die Schwefelsäure [illegible] weit kräftiger hygroskopisch wirkt als Chlorcalcium.

Folgendes ist der Apparat, dessen sich der Verfasser zu diesem [illegible] bedient.

A Fig. 38. ist ein cylindrisches Gefäß von 14 bis 15 Litres [illegible] oben mit einem Halse a, unten mit einem Hahne b versehen [illegible] Wasser angefüllt. In a wird luftdicht eine rechtwinklich gebogene Röhre a b eingesetzt, deren horizontaler Schenkel b c einige Stückchen [illegible] enthält, die durch etwas lose eingesteckte Baumwolle in [illegible] dem Herausfallen geschützt wird. Bei b wird, zur Aufnahme der [illegible] säure, mittelst einer Cautschuckröhre die Glasröhre c d von 11 Par. [illegible] und 3½ bis 4 Lin. innerm Durchmesser angefügt, welche nahe an [illegible] in f und g nach der einen Seite hin bauchförmige Erweiterungen hat, [illegible] bestimmt sind, bei nicht vollkommen horizontaler Lage der Röhre [illegible] abfließende Säure aufzunehmen. Die Säure selbst wird in diese [illegible] auf folgende Weise eingebracht. Man bringt so viel feinen Asbest [illegible] als erforderlich ist, um die Wand der Röhre zu belegen und die [illegible] [illegible] dargebotene Oberfläche so viel zu vergrößern, als [illegible] [illegible] Durchströmen ein zu großes Hinderniß entgegenzusetzen, [illegible] [illegible]. Der Asbest wird hierauf mit gewöhnlicher englischer Schwefelsäure [illegible] [illegible] als möglich befeuchtet. Dies geschieht am [illegible] [illegible] der Säure in die obere Öffnung der beinahe senkrecht [illegible] Röhre, worauf man dieselbe so lange in dieser Lage liegen [illegible]

*) [illegible] XX. [illegible]

säure sich nach dem andern Ende hin durch den Asbest verbreitet hat. e diese sich dabei in Klumpen vereinigen, so müssen diese nachher mit- eines Messingdrahtes zertheilt werden. Funfzig bis sechzig Tropfen e werden bei den angegebenen Dimensionen der Röhre hinreichen.

Die Versuchsweise selbst beruht auf Folgendem: Wenn aus dem Ge- Wasser durch den Hahn h herausgelassen wird, so wird solches ein gleiches Volumen Luft, welche durch die Röhre de strömt, ersetzt n. Um dieses Volumen genau zu kennen, darf man also nur das ende Wasser in einer genau gemessenen und am Halse mit einem Zei- ersehenen Flasche auffassen und bei der Bestimmung des Luftvolumens arometer- und Thermometer-Stand, so wie die Spannkraft des den in A erfüllenden Wasserdampfes, gehörig in Rechnung nehmen. dieser letztere keinen Einfluß auf die Gewichtszunahme der Schwe- e ausübe, welches ohnehin durch den in entgegengesetzter Richtung en Luftstrom fast gänzlich verhütet wird, ist, wie schon oben ange- worden, in b c etwas Chlorcalcium angebracht. Daß die Röhre d e d nach dem Durchströmen der Luft mit guten Stöpseln (am besten nem aus Leinölfirniß und Mennig oder Bleiweiß verfertigten Kitte) ssen aufs genaueste gewogen werden müsse, ist leicht einzusehen. st zu bemerken, daß die Geschwindigkeit des Abfließens des Wassers naßen regulirt werden muß. Geschieht nämlich solches gar zu schnell, nte der Fall eintreten, daß ein Antheil des mit der Luft durch die strömenden Dampfes der Absorption entginge, da im entgegengesetz- lle die Operation unnöthigerweise verlängert würde. Die schickliche ird man durch einige Versuche bald finden. Bei den angegebenen sionen kann man unter gewöhnlichen Umständen unbesorgt, daß Was- pf der Absorption entgehe, 13000 Cubikcentimeter oder Grammen in 10 Minuten abfließen lassen. Ehe man einige Übung in dem che des Instruments hat, ist es anzurathen, zwischen e und b eine mit Asbest und Schwefelsäure versehene Röhre einzuschalten, und rch Wägung derselben vor und nach dem Versuche zu überzeugen, es Wasser in d e geblieben sei. Bei Befolgung obiger Angaben wird lches immer finden. Es ist unzweckmäßig, die Röhre e d mehr als anzuwenden, ohne die Schwefelsäure zu erneuern. Der hierdurch erbeigeführte Irrthum steht nicht im Verhältniß mit der geringen des Einfüllens. Es bedarf übrigens kaum bemerkt zu werden, daß best immer wieder dienen kann, nachdem er gut ausgewaschen und net, oder auch nur durch Erhitzen in einem offenen Platintiegel von hwefelsäure befreit worden.

lan könnte befürchten, daß durch das abfließende Wasser die Luft, in man arbeitet, einen höhern Grad von Feuchtigkeit erhalte und hier- das Resultat unrichtig werde. Diese Besorgniß ist jedoch leicht zu en, wenn man, um das Wasser aufzufassen, eine Flasche mit ziem- em Halse anwendet und den Hahn in diesen letztern etwas hinunter-

[illegible] Sollte man übrigens auf [illegible] [illegible] zu verringern, oder [illegible] d [illegible] z. B. am Fenster, hindurchgehen zu lassen. [illegible] Gelegenheit fehlt, sich ein eigenes [illegible] der Verfasser die in Fig. [illegible] eine gewöhnliche Flasche [illegible] Heber i k versehen, [illegible] den Hahn l regulirt werden kann. [illegible] wenn man der Öffnung k [illegible] Zu empfehlen ist es, die Röhre [illegible] ebenfalls bis nahe auf den [illegible] wodurch aus leicht begreiflichen [illegible] nach Art des Mariotte'schen [illegible] — eine Einrichtung, welche auch in Figur [illegible] [illegible] kann.

Ein Beispiel mag noch den Gebrauch des Instrumentes erläutern [illegible] Wasser: 1[illegible]72,5 Grm. Der Versuch geschah bei + [illegible] Barometerstand. Dieses giebt für das Volumen der [illegible] Barometerstand und, nach Dalton's [illegible] auf den Zustand vollkommener Trockenheit reducirt: 1 [illegible] oder, nach Gay-Lussac's Wägung, 15,[illegible] Die Gewichtszunahme der Schwefelsäure betrug 0,09[illegible] Grammen. [illegible] die Menge des in 1000 Gewichtstheilen der untersuchten [illegible] Wassers 6,09243.

Die Genauigkeit, welche diese Methode gewähren kann, ist [illegible] Geschicklichkeit des Operateurs und durch die Vollkommenheit der Wage, [illegible] bedingt. Zwei unmittelbar nach einander mit dem [illegible] angestellte Versuche gaben dem Verfasser nach einiger [illegible] auf 1 Milligramm, also ungefähr 1 Procent des Wassergehaltes [illegible] Resultate.

[illegible] führt der Verfasser noch folgenden Versuch an, [illegible] Vergleichung der oben beschriebenen Methode [illegible] mittelst Rechnung gezogenen Resultate [illegible]

[illegible] vollkommener Luft von [illegible] C. ließ er (bei 27",4 [illegible]) [illegible] mit angefeuchtetem Bimmstein gefüllte Glasröhre [illegible] Röhre mit [illegible] Die Gewichtszunahme dieser letzteren betrug [illegible]

[illegible] würde die Menge [illegible] bei jener Temperatur [illegible] 18272,5 × 0,000545 = 0,122 [illegible]

[illegible]

XIII. Specifisches Gewicht.

Bestimmungsmethoden des specifischen Gewichts, Aräometer.

Über eine neue Art, das specifische Gewicht der Körper bestimmen, von Levy *). Der Verfasser empfiehlt das nachfolgende erfahren (was allerdings etwas complicirter ist als das gewöhnliche) nantlich deshalb, weil es gestattet, die beiden Wägungen (in Luft und asser), aus welchen man das specifische Gewicht herleitet, beliebig oft zu derholen, ohne den Körper jedesmal trocknen zu müssen, wenn man ihn, chdem er im Wasser gewogen worden, aufs Neue in Luft wiegen will.

An das eine Ende eines Wagebalkens sei anstatt der Wagschaale ein ines Gefäß A aufgehangen, welches mit Wasser bis zu einer gewissen he gefüllt ist. Der Boden des Gefäßes sei nur in einer sehr kleinen Entfernung von der Tafel, auf welcher die Wage befindlich ist, entfernt, und s kleine Gefäß lasse sich von dem Ende des Wagebalkens, an welchem sich aufgehangen findet, leicht losmachen. An demselben Ende des Wagebalkens ist ein ganz feiner Draht B, z. B. von Platin, befestigt, der auf der andern Seite in einen kleinen Haken endigt, welcher bis zu ner Tiefe in das Wasser des Gefäßes A taucht, so daß, wenn man s Gefäß abnimmt und auf die Tafel **) (unter der Stelle seiner Aufhängung) niedersetzt, ein kleiner Theil des (am Wagebalken befestigt bleibenden) Drahtes noch in das Wasser getaucht bleibt. Eingetaucht in das Wasser des Gefäßes A, doch außer Berührung mit dessen Seitenwänden und Boden, findet sich ein kleineres Gefäß C, welches an dem Haken des Drahtes B aufgehangen ist.

Gesetzt nun, P sei das Gewicht, welches, in die Schale auf der andern Seite der Wage gelegt, dem Gefäße A, wenn es aufgehangen ist, st dem Wasser und dem Gefäße C, welche darin enthalten sind und dem Drahte B das Gleichgewicht hält; es sei ferner p das Gewicht, welches man an die Stelle P setzen muß, um dem Draht B und dem Gewicht des in das Wasser getauchten Gefäßes C das Gleichgewicht zu halten, wenn man das Gefäß A vom Ende des Wagebalkens losgemacht hat ***).

Will man nun das specifische Gewicht eines beliebigen Körpers D bestimmen, so lege man ihn in das Gefäß C; man hänge das Gefäß A auf, und das, was man zu P auf der andern Seite hinzuzufügen hat, wird

*) Quetelet Corresp. VI. 208.

**) Die angegebenermaßen von dem Boden des Gefäßes A auch bei dessen Aufhängung nur wenig entfernt ist.

***) Wobei jedoch das Gefäß C immer noch in das Gefäß A taucht, das nämlich unterhalb der Stelle seiner Aufhängung auf die Tafel niedergelassen wird.

offenbar das Gewicht von D in der Luft [illegible] man [illegible] fäß A ist, nimmt das Gewicht P aus der Wagschale weg und [illegible] durch p. Das was man jetzt noch hinzufügen muß, um das Gleich[illegible] zu bewirken, wird das Gewicht von D in Wasser sein. Aus [illegible] den Gewichten wird man das specifische Gewicht nach bekannter Be[illegible] stimmen.

Zur [illegible] Einrichtung des [illegible] Instrum[illegible] zur Bestimmung des specifischen Gewichts [illegible] ster *). [illegible] hat ein Instrument zu dem [illegible] ben, welches sich u. a. in Baumg. und Ett. Zeitschr. I. 310 abgebil[illegible] det. Diese Abbildung kann jedoch nur dienen, das Wesentliche, [illegible] es bei dem Verfahren ankommt, darzustellen, nicht aber als Modell [illegible] welchem etwa ein solcher Apparat einzurichten wäre. Baumgartner [illegible] gegen beschreibt ein solches in der vollkommenen Gestalt, wie es von [illegible] Eckling in Wien für das hiesige Museum ausgeführt worden [illegible] Beschreibung und Abbildung scheinen uns jedoch zu umfangsreich, [illegible] wir hinsichtlich derselben nicht umgehen sollen, auf die Originalab[illegible] zu verweisen.

Zweischenkliger Heber zur Bestimmung des specifi[illegible] Gewichts von Flüssigkeiten, von Meikle ***). Meikle ha[illegible] im Jahre 1826 einen vierarmigen Heber zur Bestimmung des spe[illegible] Gewichts tropfbarer Flüssigkeiten angegeben (vgl. Baumg. Zeitschr. [illegible] Neuerdings hat er einen zweiarmigen Heber zu demselben Zwecke [illegible] ben. Man kennt seit langem in Deutschland den Gebrauch eines He[illegible] diesem Zwecke, der an der Stelle, wo seine zwei Arme mit einand[illegible] bunden sind, mit einer Art Saugpumpe in Verbindung steht, so daß [illegible] man jeden der zwei Arme in eine Flüssigkeit taucht und dann den [illegible] dieser Pumpe in die Höhe zieht, die Flüssigkeiten nach Maßgabe ihrer [illegible] steigen und daher die Längen der gehobenen Säulen im verkehrten V[illegible] nisse ihrer Dichten oder specifischen Gewichte stehen. Nach demselben [illegible] satze ist Meikle's Heber eingerichtet, jedoch hat er darin einen [illegible] der ihn zu schnellen Bestimmungen sehr empfiehlt, daß die Pum[illegible] weggelassen worden ist, und auch der Einfluß der Capillarität [illegible] den wird.

Meikle räth, den zweiarmigen Heber am oberen Theile m[illegible] kleinen Öffnung zu versehen, die man mit dem Finger gut und le[illegible] schließen kann. Taucht man daher z. B. einen Schenkel bis auf [illegible] wisse Tiefe in Wasser, den andern in jene Flüssigkeit, deren specifi[illegible] wicht man mit dem des Wassers vergleichen will, so kann die [illegible]

*) Baumg. Zeitschr. V. 225.

**) Der Preis des Instruments ist 60 Gulden Conventionsmünze.

***) Philos. Mag. Oct. 1828. oder Baumg. Zeitschr. V. 228.

den Schenkeln entweichen und jede der Flüssigkeiten tritt in ihrem Schen- mit der außerhalb desselben befindlichen Masse ins hydrostatische Gleich- wicht. Schließt man nun die Öffnung mit dem Finger und hebt den parat aus den Flüssigkeiten; so bleibt in jedem Schenkel eine flüssige äule schweben, und die Längen der zwei Säulen verhalten sich verkehrt e ihre specifischen Gewichte. Ist demnach die Höhe der Wassersäule A, der andern Flüssigket F, so bezeichnet $\frac{F}{A}$ das specifische Gewicht der eren.

Um den Einfluß der Capillarität aufzuheben, räth Meikle, den Ver- h zwei Mal anzustellen, aber mit flüssigen Säulen von verschiedener nge. Bedeuten beim zweiten Versuche f und a dasselbe, was beim ersten rsuche F und A bezeichneten, und ist der Einfluß der Capillarität im en Schenkel x und im anderen y, endlich s das specifische Gewicht der üssigkeit; so hat man

$$s = \frac{F - x}{A - x},\ s = \frac{f - x}{a - x},\ \text{und daher auch}\ s = \frac{F - f}{A - a}.$$

Verschließt man gleich beim Einsenken der Heberschenkel in die betref- den Flüssigkeiten die Öffnung mit dem Finger, so bleiben beide Flüssig- en unter dem Niveau ihrer Masse im weitern Gefäße zurück, und falls durchsichtig sind, so kann man die Größe der Depressionen messen, die e Einwirkung der Capillarität auch im verkehrten Verhältnisse der spe- chen Gewichte der Flüssigkeiten stehen werden. Man kann zur Vermei- g des Capillaritätseinflusses auch hier zwei Versuche anstellen und wie n die Rechnung führen; nur wird man für den Fall, wo ein Versuch einer Depression, der andere bei einer Elevation angestellt wird, die rmel $s = \frac{F + f}{A + a}$ zur Bestimmung des specifischen Gewichtes be- men.

Beschreibung verschiedener Aräometer. Eine zusammenstel- de Beschreibung nebst Abbildung der verschiedenen bekannten Aräometer det sich im Laboratorium (Weimar) Heft XV. Taf. LVIII. LIX.

Vergleichung der Grade verschiedener Aräometer mit m zugehörigen specifischen Gewichte, von Marozeau*). Die hstehenden Tabellen für das Beaumé'sche Aräometer, Centesimalalkoholo- ter und Cartier'sche Aräometer sind nach den nachher folgenden Formeln echnet und mittelst Controlle durch directe Erfahrung richtig befunden den. Sie gelten für die obenstehenden Temperaturen, für welche auch specifische Gewicht des Wassers = 1 gesetzt ist.

*) Journ. de Pharmac. 1830 Août. p. 482.

Beaumé'sches Aräometer, bei 10° R.

Aräometergrade.	Spec. Gew.	Differenz.	Aräometergrade.	Spec. Gew.
1	1,008	7	39	1,371
2	1,015	7	40	1,384
3	1,022	7	41	1,397
4	1,029	7	42	1,410
5	1,036	7	43	1,424
6	1,043	8	44	1,438
7	1,051	8	45	1,453
8	1,059	8	46	1,468
9	1,067	8	47	1,483
10	1,075	8	48	1,498
11	1,083	8	49	1,514
12	1,091	8	50	1,530
13	1,099	8	51	1,546
14	1,107	9	52	1,563
15	1,116	9	53	1,580
16	1,125	9	54	1,598
17	1,134	9	55	1,616
18	1,143	9	56	1,634
19	1,152	9	57	1,653
20	1,161	9	58	1,672
21	1,170	10	59	1,691
22	1,180	10	60	1,711
23	1,190	10	61	1,732
24	1,200	10	62	1,753
25	1,210	10	63	1,775
26	1,220	10	64	1,797
27	1,230	11	65	1,819
28	1,241	11	66	1,842
29	1,252	11	67	1,866
30	1,263	11	68	1,891
31	1,274	11	69	1,916
32	1,285	11	70	1,942
33	1,296	12	71	1,968
34	1,308	12	72	1,995
35	1,320	12	73	2,023
36	1,332	13	74	2,052
37	1,345	13	75	2,081
38	1,358	13		

alalko Holometer, bei 12° R.

Differenz.	Grade.	Spec. Gew.	Differenz.
1	50	0,936	2
2	51	0,934	2
1	52	0,932	2
2	53	0,930	2
1	54	0,928	2
1	55	0,926	2
2	56	0,924	2
1	57	0,922	2
1	58	0,920	2
1	59	0,918	3
1	60	0,915	2
2	61	0,913	2
1	62	0,911	2
1	63	0,909	3
1	64	0,906	2
1	65	0,904	2
1	66	0,902	3
1	67	0,899	3
1	68	0,896	3
1	69	0,893	2
1	70	0,891	3
1	71	0,888	2
1	72	0,886	2
1	73	0,884	3
1	74	0,881	2
1	75	0,879	3
1	76	0,876	2
1	77	0,874	3
1	78	0,871	3
1	79	0,868	3
1	80	0,865	2
1	81	0,863	3
1	82	0,860	3
1	83	0,857	3
1	84	0,854	3
1	85	0,851	3
2	86	0,848	3
1	87	0,845	3
2	88	0,842	4
1	89	0,838	3
2	90	0,835	3
2	91	0,832	3
1	92	0,829	3
2	93	0,826	4
1	94	0,822	4
2	95	0,818	4
2	96	0,814	4
1	97	0,810	5
2	98	0,805	5
2	99	0,800	5
	100	0,795	

Beaumé'schen Aräometer, bei 10° R

Aräometergrade.	Spec. Gew.	Differenz.	Aräometergrade.	Spec. Gew.	Diffe…
1	1,008	7	28	0,879	
2	1,015	7	29	0,872	
3	1,022	7	30	0,867	
4	1,029	7	31	0,862	
5	1,036	7	32	0,856	
6	1,043	8	33	0,851	
7	1,051	8	34	0,845	
8	1,059	8	35	0,840	
9	1,067	8	36	0,835	
10	1,075	8	37	0,830	
11	1,083	8	38	0,825	
12	1,091	8	39	0,819	
13	1,099	8	40	0,814	
14	1,107	9	41	0,809	
15	1,116	9	42	0,804	
16	1,125	9	43	0,799	
17	1,134	9	44	0,794	
18	1,143	9			
19	1,152				
20	1,161				
21	1,170				
22	1,180				
23	1,190				
24	1,200				
25	1,210				
26	1,220				
27	[illegible]				
28	[illegible]				
29	[illegible]				
30	[illegible]				
31	[illegible]				
32	[illegible]				
33	1,296				
34	1,308				
35					
36	[illegible]				
37	[illegible]				
38	[illegible]				

… zur Berechnung der Tabellen für das B…
…ometer gedient hat, ist folgende:

$$\frac{dd' (n' - n)}{n d' - nd - x (d' - d)}$$

…ecifische Gewicht, x die Grade des Instr…
…aben folgende Bedeutung:
…'sche Aräometer: n = 0; n' = 66,
…r'sche Aräometer: n = 10, n' = 35,77,
…man für das Beaumé'sche Aräometer
…, daß das specifische Gewicht bei 10° R. = …
… für 66° der Scale ist. Letztere Zahl ist als das …
…testen Schwefelsäure nach Thénard's Bestimm…
…, daß, zufolge Gay-Lussac's Angabe das …
…ten Wassers bei 10° R. dem 10 Grade des Cartier'sch…
…und daß ein sorgfältig angestellter Versuch bei derselb…
…cifisches Gewicht 0,838 am Cartier'schen Aräomet…

…meter anlangt, so ist sie
…e zwischen seiner Scala und
… hat und gleich den andern Ta-
…n.

…ischen Gewichts fester Kör-
… durch Versuche an Platinkörnern,
…sultat gefunden, welches bei Bestim-
…r Körper Berücksichtigung verdient:
…e Gewicht fester zerstückelter Kör-
…n in Wasser bestimmt, so hat das
…n Menge des ins Gewicht genom-
…m Volumen des mit Wasser gefüllten
… gewogen wird, einen Einfluß auf die
…tes.

… diese Eigenschaft von der Capillarität des Wassers zu
… Körper ab, ohne jedoch eine nähere Beziehung zu den Ge-
…laritat nachzuweisen, daher der angegebene Umstand bis jetzt
… klärt angesehen werden muß.

… erfahrungsmäßigen Richtigkeit desselben scheinen übrigens
… Versuche keinen Zweifel übrig zu lassen; hinsichtlich des nähern
… jedoch in diesem Bezuge zeigen die Versuche Osann's keine
…mmung für die einzelnen Körper, sei es, daß sie sich wirklich ver-
… in dieser Hinsicht verhalten, oder daß Osann's Versuche, die er
…asstücken am ausführlichsten angestellt hat, bei den andern Materien
… genug abgeändert oder ausgedehnt wurden; direct nämlich geht aus
… von Osann gegebenen Datis folgendes hervor **):

Bei Glasstücken wurde, sowohl wenn man eine zu große, als
…nn man eine zu kleine Menge derselben anwandte, ein geringeres
…sultat für das specifische Gewicht erhalten, als bei einem gewissen mitt-
…n Verhältnisse des Glases zum Gefäße. Bei Eisstücken zeigt sich das
…gekehrte Verhältniß, indem hier das Minimum des specifischen Gewichts
…f ein gewisses mittleres Verhältniß des Gewichts Eis fällt, und bei den
…rsuchen mit Platinkörnern sieht man, so weit sie ausgedehnt wur-
…, das specifische Gewicht continuirlich abnehmen, während das absolute
…wicht der Platinkörner zunimmt, so lange das Gefäß dasselbe bleibt.

*) Kastn. N. Arch. I. S. 58. 95.

**) Osann erinnert bei dieser Gelegenheit an eine, mit dem Obigen im …mmenhange stehende, frühere Erfahrung von Hassenfratz in Gilb. I. 396.

Anwendung eines kleinern Gefäßes hatte denselben Erfolg, als Vergrößerung des absoluten Gewichts, d. h. das specifische Gewicht nahm bei den Platinkörnern dadurch ab. Noch ferner zeigte sich bei den Versuchen mit Glasstücken, daß auch die Zeit, in der dieselben mit dem Wasser in Berührung gestanden haben, auf das Resultat influirt, indem bei den, in diesem Bezuge allerdings nicht zahlreich angestellten, Versuchen, wo das Verhältniß des Glasgewichts zum Gefäße unter dem mittleren lag, das specifische Gewicht nach 5- oder 8tägiger Berührung kleiner gefunden wurde, als nach bloß 24stündiger; größer dagegen, wenn jenes Verhältniß über dem mittlern lag. Jedenfalls waren die Unterschiede, die von dem absoluten Gewicht des geprüften Körpers abhingen, geringer (bei Glas erst in der dritten Decimale anfangend), wenn der Körper erst nach längerer Berührung mit der Fl. gewogen wurde, als wenn er nach kurzer Berührung damit gewogen ward. — (Die angeführten Resultate ergaben sich in lufthaltigem, wie in luftfreiem Wasser.)

Osann empfiehlt, als Folgerung aus den angegebenen Erfahrungen, um das spetifische Gewicht der festen Körper möglichst frei von den Irthümern zu erhalten, die durch die angegebenen Umstände veranlaßt werden können, den Körper, nachdem er mit Wasser gekocht worden, damit noch 8 Tage lang in Berührung stehen zu lassen, bevor man die Bestimmung des specifischen Gewichts vornimmt, und zwar so viel vom Körper anzuwenden, daß das Volumen desselben der Hälfte des räumlichen Inhalts des mit Wasser gefüllten Glases, worin er gewogen wird, entspricht.

Doch ist diese Regel bloß nach den Versuchen mit den Glasstücken abgeleitet *), für die Osann nach derselben das Maximum des specifischen Gewichts erhielt.

Belege zu Vorstehendem. Aus den weitläuftig, mit allen Correctionen (wegen Thermometer-, Barometer-Stand) angeführten, Belegen der Originalabhandlung, begnügen wir uns, folgende kürzlich auszuheben **):

Platinkörner.

Absolutes Gewicht.		Specifisches Gewicht.
70,0458	Gram.	17,3716
60,0260	—	17,3741
50,0220	—	17,3957
40,1320	—	17,4161
30,1490	—	17,4645
20,0850	—	17,4736

*) Da andere Körper sich, wenn man wenigstens den directen Datis von Osann's Versuchen trauen darf, anders als Glas verhalten, so würde diese Regel keine allgemeine Gültigkeit haben können.

**) Sie wurden, außer wo das Gegentheil bemerkt ist, in luftfreiem destillirten Wasser angestellt.

Daß hierbei nicht sowohl die absolute Menge des Platins an sich, als sein Verhältniß zur Wassermasse in Betracht kam, schließt Osann aus folgendem Versuche:

Er wog 10,27 Gram. in einem Gläschen, dessen Capacität sich zu der des vorigen ungefähr wie 17 zu 43 verhielt (die absoluten Capacitäten sind nicht angegeben). Unter diesen Umständen ergab sich das specifische Gewicht des Platins zu 17,2605, also bedeutend geringer, als nach der Reihenfolge, welche die obigen Resultate gegeben haben, zu erwarten war, so daß also eine verkleinerte Capacität des Gefäßes denselben Einfluß äußerte, als eine vergrößerte Menge des Platins.

Eis, von Luftblasen frei, bei 0° R.

Absolutes Gewicht.		Specifisches Gewicht.
9,235	Gram.	0,9321
11,150	—	0,9352
12,480	—	0,9243
12,547	—	0,9308
14,020	—	0,9198
15,120	—	0,9252
15,900	—	0,9232
16,670	—	0,9239
20,600	—	0,9270
20,625	—	0,9268

Glas.

In lufthaltigem Wasser.			In luftfreiem Wasser.		
Absolutes Gew.		Specifisches Gew.	Absolutes Gew.		Specifisches Gew.
1,18	Gram.	2,3165	0,1015	Gram.	2,3021
4,845	—	2,4560	0,1145	—	2,4333
10,416	—	2,5306	0,2634	—	2,5019
17,729	—	2,5002	0,4425	—	2,4997
32,77	—	2,5025	1,0425	—	2,5375
42,933	—	2,6040	1,5612	—	2,4934
53,158	—	2,5044	2,0802	—	2,4976
63,163	—	2,5010	3,1075	—	2,4821
73,178	—	2,5018	3,5415	—	2,4680
95,005	—	2,4953	4,0369	—	2,4969
115,005	—	2,4951			

Zur Vergleichung des specifischen Gewichts, wie es sich nach 24stündiger und wie es sich nach mehrtägiger Berührung des Glases mit dem Wasser, im Mittel mehrerer Versuche Osann's, verhielt, dient folgende Tabelle:

Absolutes Gew.		Specifisches Gew., bestimmt nach 24 Stunden.	Specifisches Gew., bestimmt nach mehreren Tagen.
25,1281	Gram.	2,4916	2,5051 nach 5 Tagen.
99,6889	—	2,5116	2,5010 — 8 —
211,5685	—	2,5068	2,5093 — 8 —

Specifisches Gewicht verschiedener Körper*).

Über die Verschiedenheit im specifischen Gewichte derselben Mineralspecies**). Beudant, veranlaßt durch die große Differenz in den Angaben über das specifische Gewicht verschiedener, in der Natur vorkommender, Salze, hat diesen Gegenstand einer ausführlichen Untersuchung unterworfen, und namentlich mit verschiedenen Varietäten von kohlensaurem Kalk, Arragonit, Malachit, kohlensaurem Blei, schwefelsaurem Strontian, Schwefelblei, Quarz seine Versuche angestellt. Er gelangte hierbei zu folgenden Resultaten:

1) Die verschiedenen Varietäten derselben Mineralspecies zeigen so bedeutende Abweichungen im specifischen Gewichte, daß man das specifische Gewicht nicht als specifisch unterscheidendes Merkmal brauchen kann.

2) Die Veränderungen des specifischen Gewichts stehen in Bezug zur Aggregationsform der Substanzen; und dasselbe fällt um so höher aus, je mehr sich die Substanz einer regelmäßigen Krystallisation nähert.

3) In allen Substanzen sind es immer die kleinen Krystalle, welche das größte specifische Gewicht besitzen, woraus folgt, daß ihre Masse die größte Homogeneität besitzt, ein Umstand, der sich damit in Beziehung setzen läßt, daß, wie bekannt, die kleinen Krystalle immer die meiste Nettigkeit der Formen zeigen.

4) Alle großen Krystalle besitzen ein geringeres specifisches Gewicht, als die kleinen, und manchmal kann der Unterschied sehr beträchtlich sein. Es folgt hieraus nothwendig, daß die großen Krystalle in ihrem Innern mehr oder weniger beträchtliche leere Räume einschließen, und daß mithin die Gruppirungen kleiner Krystalle, durch die im Allgemeinen die Krystalle von großem Volumen zu Stande kommen, nicht die ihnen zugeschriebene innere Regelmäßigkeit besitzen, ein Umstand, mit welchem die Beobachtungen über die Varietäten der optischen Erscheinungen in den großen Krystallen übereinstimmen.

5) Die Varietäten von blätteriger, faseriger u. s. w. Structur sind im Allgemeinen die, welche das kleinste specifische Gewicht zeigen. Bemerkenswerth aber ist, daß, wenn man bei jeder Substanz für sich die Differenz zwischen dem specifischen Gewicht der blätterigen, faserigen u. s. w. Varietäten und dem der kleinen Krystalle nimmt, und dann alle Substanzen in dieser Hinsicht mit einander vergleicht, so findet sich, daß die Änderungen bei allen Substanzen merklich die nämlichen sind, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

*) Von der Abhängigkeit der Dichtigkeiten von der Temperatur wird unter der Wärmelehre die Rede sein.

**) Ann. de Ch. et de Phys. XXXVIII. 398.

Tabelle

die Differenz im specifischen Gewicht der kleinen Krystalle und der Varietäten.

	Blätterige.	Faserige, mit parallelen Fasern.	mit divergirenden Fasern.	mit verflochtenen Fasern.
urer Kalk	0,0165	0,0178	0,0198	0,0297
	0,0164			
	0,0165			
	0,0173			
	0,0176			
t		0,0170		0,0298
		0,0180		0,0308
			0,0173	
res Blei		0,0174	0,0185	
			0,0191	
saurer Kalk	0,0166			0,0272
	0,0170			0,0398
aur. Strontian			0,0183	0,0296
lei	0,0187		0,0195	
	0,0190			
		0,0176	0,0182	
		0,0183	0,0187	
Mittel	0,0173	0,0177	0,0186	0,0312

Bei den nämlichen Varietäten, den blätterigen, faserigen u. s. w.
h das specifische Gewicht nach der Dicke der Blätter oder Fasern,
venn diese sehr fein werden, das specifische Gewicht zunimmt und
oder weniger dem nähert, welches man bei den kleinen Krystal-
chtet, wie dies namentlich bei der blätterig-compacten, fibrös-com-
s. w. Varietät erhellt. Die vorige Vergleichung kann daher nur
Fall gültig sein, wo die Dicke der Blätter und Fasern gleich ist.
Die Änderungen, welche man im specifischen Gewicht der Krystalle
, sind unregelmäßig, und es findet keine Vergleichung von einer
zur andern damit Statt, wie bei den vorgenannten Varietäten.
Die schwächsten specifischen Gewichte scheinen bei den durch Epige-
nbenen Varietäten der verschiedenen Substanzen Statt zu haben.
erkt dies bei dem Malachit, der entweder von vollständiger Zer-

ie Fibern parallel und bloß gedreht (contournées).

setzung des blauen kohlensauren Kupfers oder des Kupferoxyduls herrührt, und beim Schwefelblei, welches durch Zersetzung des phosphorsauren und kohlensauren Blei's entstanden ist.

9) Alle Varietäten einer und der nämlichen Substanz zeigen dasselbe specifische Gewicht in gepulvertem Zustande.

Hiernach setzt Beudant das specifische Gewicht der verschiedenen von ihm untersuchten Mineralien nach einem Mittel mehrerer Beobachtungen folgendermaßen fest:

Rhomboëdrischer Kalkspath	2,7231
Arragonit	2,9466
Malachit	3,5904
Kohlensaures Blei	6,7290
Gyps	2,3316
Schwefelsaurer Strontian	2,9592
Schwefelblei	7,7592
Quarz	2,6540

Bestimmung des specifischen Gewichts mehrerer Mineralien. Breithaupt hat das specifische Gewicht einer ziemlichen Anzahl von Mineralien bestimmt, worüber wir auf das Original verweisen in Schweigg. J. LX. 382. LXII. 155. 232.

Specifisches Gewicht verschiedener chemischer Verbindungen von Boullay dem Sohn *). Boullay wurde bei einer Untersuchung über die Veränderungen, welche das Volumen zweier Bestandtheile bei ihrer chemischen Verbindung erfährt, veranlaßt, das specifische Gewicht mancher Körper genauer, als bisher geschehen, zu prüfen. Er erhielt hierbei folgende Resultate:

*) Journ. de Pharmac. 1830 Juillet. p. 398.

der Substanzen.	Formel der Substanz.	Spec. Gewicht.	Bemerkungen.
yd	$\dddot{Sb}$	5,778	In langen Nadeln.
e Säure	$\ddot{Sb}$	6,525	
. . . . . .	Ag	7,250	Aus salpeters. Silber durch reines überschüssiges Kali.
	Ag Cl	5,548	
	Ag I	5,614	
oxyd	$\dot{Hg}$	11,000	Durch Calcinat. des salpeters. Salzes.
chlorid	Hg Cl	5,420	
chlorür	Hg Cl	7,140	
jodid	Hg I	6,320	
jodür	Hg I	7,750	
ecksilber	Hg S	8,124	
ul	$\dot{Cu}$	5,300	Natürliche Krystalle.
	Cu	6,130	Durch Calcinat. des salpeters. Salzes.
yd	Bi	8,968	Desgleichen.
. . . . . .	$\ddot{Sn}$	6,900	
n im Minimum	Sn S	5,267	
n im Maximum	$Sn\,S^2$	4,415	
. . . . . .	$\dot{Pb}$	9,500	Geschmolzen.
Bleisuperoxyd	$\ddot{Pb}$	9,190	
.	Pb I	6,110	
.	$\dot{Zi}$	5,600	
.	$\ddot{Fe}$	5,225	
oxydul	$\dot{Fe} + 2\dddot{Fe}$	5,400	Durch Wasserdampf erhalten.
oxydul	$2\dot{Fe} + \dddot{Fe}$	5,480	Reiner Eisenhammerschlag.
. . . . . .	$\dot{Ca}$	3,179	
m	Ca Cl	2,269 2,214	
m	Ba Cl	3,860 4,156	
. . . . . .	K I	3,078 3,104	

[illegible]enformeln in vorstehender Tabelle sind Berzelius'sche. [illegible] Art, wie das specifische Gewicht genommen ward, betrifft, [illegible] krystallisirten Körper grob gepulvert, die nicht krystallisirten [illegible] Weise oder durch Niederschlag als feines Pulver dargestellt [illegible]chen (von 30 bis 40 Cubikcentimeter Capacität) gethan und mit W[illegible] oder wenn sie hierin auflöslich waren, mit Weingeist oder Ter- [illegible] specifisches Gewicht dann besonders bestimmt ward) bedeckt, [illegible]it einem Stück eingeschmirgelter Glasröhre verschlossen und [illegible] aber zuvor die an den gepulverten Körpern anhängende Luft zu entfernen, wurde die Flüssigkeit kochend auf das Pulver gebracht und die Flaschen dann 12 Stunden lang im leeren Raum sich selbst überlassen, bevor zur Wägung geschritten ward.

Specifisches Gewicht des Eises *). Osann hatte Gelegenheit ganz von Luftblasen freies, ganz klares Eis auf sein specifisches Gewicht zu prüfen, zu welchem Zwecke e[illegible] die Abwägung desselben in Wasser von 0° anwandte, wobei die S. 227 [illegible]ngeführten Resultate, die je nach der Quantität der angewandten [illegible] zwischen 0,9498 und 0,9321 schwanken, erhalten wurden. In [illegible]einstimmung mit diesem specifischen Gewicht fand Osann, daß dies Ei[illegible] Terpentinöl von 0° (wo dessen specifisches Gewicht sich zu 0,9313 ergab) nicht untersank und herabgedrückt nicht unten blieb; sonach war es etwas leichter. Mehrere der frühern Bestimmungen des specifischen Gewichts des Eises (zu 0,937, 0,945, 0,950) sind sonach unrichtig.

Unzuverlässigkeit im specifischen Gewichte des Wassers von Weber **). Die englischen und französischen Gewichte sind beide in Bezug auf das specifische Gewicht des Wassers untersucht, aber bisher nicht unmittelbar mit einander genau verglichen worden, so daß das specifische Gewicht des Wassers bis jetzt allein ihren Vergleichungspunkt ausgemacht hat. Begreiflich nun, wenn bei beiden ein verschiedenes specifisches Gewicht des Wassers zu Grunde läge, müßte die directe Vergleichung derselben ein anderes Verhältniß finden lassen, als man bisher nach ihrem Bezuge zum specifischen Gewicht des Wassers angenommen hat. In der That fand Weber einen solchen Unterschied, und er schließt daraus, daß noch eine Unsicherheit in Bestimmung des specifischen Gewichts des Wassers obwalte, indem die Engländer das specifische Gewicht des Wassers = $\frac{1}{1440}$ größer gefunden haben als die Franzosen. Die Data hierzu sind folgende:

Durch Vergleichung des in den preußischen Staatsarchiven niedergelegten Platinkilogramms mit einer Copie des parlamentarischen Troypfun-

*) Kastn. N. Arch. I. 95. Frühere Angaben siehe in Gehlers Wörterbuch III. 113.

**) Pogg. XVIII. 608.

s, welche Weber vom Herrn Professor Schumacher in Altona zum eschenk erhielt, und selbst mit Hülfe einer Robinson'schen Wage nach ssen, von Herrn Kater verbürgten, Etalon des Troypfundes berichtigte, hielt er:

1 Pfund Troygewicht = 373,2484 Grammen.

Nun wiegt nach englischen Gesetzen:

1 Cubikzoll destillirten Wassers in der Luft, mit Messinggewichten gewogen, bei 62° F. und 30 Zoll Bar. = 252,458 Gran.

Ferner wiegt nach französischen Gesetzen:

1 Cubikcentimeter destillirten Wassers im leeren Raume, bei 4°,1 C. und 0,76 Meter Bar. = 1000 Grammen.

Endlich ist nach Sir George Shuckburgh

1 Meter = 39,37079 Zoll englisch.

Nach diesen drei Angaben wäre:

1 Troypfund = 373,0956 Grammen,

wie man unter andern in dem vom Bureau des Longitudes herausgegebenen Annuaire, von Herrn Mathieu berechnet, angegeben findet.

Der Unterschied der Resultate, den Weber's Beobachtungen und Mathieu's Rechnung geben, läßt sich nicht auf einen Beobachtungsfehler schieben, denn er beträgt 153 Milligrammen, und eben so wenig ist er ein Rechnungsfehler. Übrigens haben auch schon Schumacher und Chelius dieselbe Differenz gerügt *).

Absolutes Gewicht mehrerer Gase, von Buff **).

Die große Schwierigkeit, welche mit der directen Wägung von Gasarten verbunden ist, ist Ursache gewesen, daß man verhältnißmäßig wenig Versuche darüber angestellt hat, deren Resultate überdies zum Theil nicht übereinstimmen. Mehrere der hierbei vorkommenden Schwierigkeiten hat Buff dadurch glücklich vermieden, daß er ein Verfahren anwandte, welches gerade das umgekehrte von dem gewöhnlichen ist. Statt nämlich von einem gewissen Gasvolumen das Gewicht zu bestimmen, wog er bloß die Substanz, woraus sich dies Gas erzeugen konnte, vor und nach der Entwickelung, und maß das Volumen des entwickelten Gases. Mit Übergehung der nähern Beschreibung seines Verfahrens, worüber wir auf die Originalabhandlung verweisen, führen wir bloß die Resultate seiner Versuche an, die sich von den, durch stöchiometrische Betrachtungen gefundenen, sehr wenig unterscheiden:

*) S. Schumachers Vorrede zu Chelius's Maß- und Gewichts-Buch, Ausgabe von 1830.

**) Pogg. XXII. 242.

Gewicht von 1000 Cubikcentimetern trockenen Gases bei 0° C. und 336 Pariser Linien Barometerstand.

Sauerstoffgas . . . . = 1,43300 *) Grammen.
Salzsäure . . . . = 1,6313 **) —
Kohlensäure . . . . = 1,9734 ***) —
Nicht entzündliches Phosphorwasserstoffgas . . . . . . = 1,5134 ****) — (nicht ganz zuverlässig).

Die Gewichtsbestimmungen des schwefligsauren Gases fielen bei mehreren Versuchen nicht ganz übereinstimmend aus, da das Gewicht von 1000 C. C. bei 6 Versuchen zwischen 2,8746 und 2,906 Grammen schwankte. Nach dem stöchiometrischen Werthe berechnet würde es bloß 2,8743 Grammen haben betragen müssen.

Tabellen über das absolute und specifische Gewicht der Gase und Dämpfe, aus ihren stöchiometrischen Werthen hergeleitet.

Die nachfolgenden Tabellen sind aus Pogg. XVII. 529 und XXI. (Schluß des Bandes) entlehnt, wo sie sich unter anderen chemischen Tabellen finden. Diese Tabellen sind nach den stöchiometrischen Werthen der Gasarten und Dämpfe, wie sie von Berzelius angenommen werden, entworfen, mit Ausnahme für Bor, Kiesel und Quecksilber; es würde nämlich das Gewicht des Bors, so wie des Quecksilbers nach Berzelius Atomgewichten 2 mal, das des Kiesels aber 3 mal so groß sein, als in den folgenden Tabellen angegeben ist.

Die erste Tabelle giebt die specifischen Gewichte der einfachen Gase sowohl gegen Sauerstoff = 1 als gegen atmosphärische Luft = 1; und die zweite Tabelle giebt das specifische Gewicht der zusammengesetzten Gasarten und Dämpfe, nebst Beifügung mehrerer anderer Umstände. Diejenigen Verbindungen, welche in gewöhnlichen Temperaturen flüssig sind, haben ein ⊙ neben sich; unter dem Drucke der Atmosphäre treten bei diesen die angegebenen Volumenbeziehungen erst bei einer oberhalb ihres Siedepunkte liegenden Temperatur ein. Aus diesem Grunde ist in der Columne 4 der zweiten Tafel der Siedepunkt dieser Flüssigkeiten aufgeführt.

Die sowohl in Tabelle I. als Tabelle II. beigefügten beobachteten Resultate sind von den berühmtesten Experimentatoren entlehnt. Die Buchsta-

*) Hält zwischen dem Resultat der Biot-Arago'schen und Berzelius-Dulong'schen Wägung die Mitte.

**) Die Theorie giebt 1,6305.

***) Die Theorie giebt 1,9807; Berzelius und Dulong fanden 1,9805; Biot und Arago 1,9741.

****) Dieser Phosphorwasserstoff wurde durch Erhitzen von phosphoriger S in einer kleinen Retorte und Reinigen durch Ätzkali bereitet. Sein theoretisches Gewicht ist, unter Voraussetzung, daß er aus 1 At. Phosphor und 3 At. Wasserstoff besteht, = 1,5388.

t neben ihnen deuten folgende Namen an. B Berard, Bz Berzelius, BD Berzelius und Dulong, BA Biot und Arago, CD Clement und Desormes, Co Colin, D Dumas, G Gay-Lussac, GT Gay-Lussac und Thénard, HD Humphry Davy, H Henry, S Saussure, T Thénard.

Die dritte Tabelle enthält die absoluten Gewichte jedes Gases von 100 bis 9000 Cubikcentimetern in Grammen. Diese Gewichte stützen sich auf die von Biot und Arago unternommene Wägung der Luft. Man findet z. B. aus dieser Tabelle, daß 5000 Cubikcentimeter Ätherdampf bei 0° C. und 0m,76 Bar. 16,76590 Grammen wiegen.

Mittelst derselben Tabelle läßt sich aber auch sehr leicht finden, wie viel jedes andere Volumen, was Einer, Zehner und Hunderte mit sich führt, wiegt. Gesetzt z. B. wir wollten wissen, wie viel 3467 Cubikcentimeter Alkoholdampf wiegen, so haben wir die Gewichte von 3000, von 400, von 60 und 7 Cubikcentimetern zusammenzuaddiren. Das Gewicht von 3000 Cubikcentimetern ist 6,23751 Grammen, das Gewicht von 400 Cubikcentimetern finden wir in der Spalte der 4000, indem wir das Komma um eine Decimalstelle zurückrücken, also 0,831668; eben so finden wir das Gewicht von 60 Cubikcentimetern in der Spalte der 6000 und das Gewicht von 7 Cubikcentimetern in der Spalte der 7000, indem wir das Komma respective um 2 und 3 Decimalstellen zurückrücken; solchergestalt ergiebt sich durch Addition für das Gewicht von 3467 Cubikcentimetern Alkoholdampf

6,23751
0,83167
0,12475
0,01455
―――――
7,20878 Grammen.

Es wird hienach keiner Erörterungen bedürfen, wie durch noch weiteres Zurückrücken auch das Gewicht von Decimalbruchtheilen des Cubikcentimeters gefunden werden kann.

Tabelle I.

Specifisches Gewicht der einfachen Gase.

1. Name des Gases.	2. Bezeichnung.	3. Dichte gegen die von Sauerstoff = 1 oder Atomgewichte.	4. Dichtigkeit gegen die Luft = 1	
			Berechnet.	Beobachtet.
1. Sauerstoff . .	O	1,00000	1,10260	1,1026
2. Wasserstoff .	H	0,062398	0,06880	0,0688
3. Stickstoff . .	N	0,88518	0,97600	0,976
4. Fluor	F	1,16900	1,28894	
5. Chlor	Cl	2,21325	2,44033	2,47
6. Brom	Br	4,89150	5,39337	
7. Jod	J	7,89145	8,70111	8,716
8. Schwefel . .	S	2,01165	2,21805	
9. Kohle	C	0,76437	0,84279	
10. Bor	B*	0,67991	0,74967	
11. Kiesel . . .	Si*	0,92493	1,01983	
12. Phosphor . .	P	1,96155	2,16281	
13. Arsenik . .	As	4,70042	5,18268	
14. Zinn	Sn	7,35294	8,10735	
15. Titan . . .	Ti	3,03686	3,34844	
16. Quecksilber .	Hg*	6,32911	6,97848	6,976

*) Die mit * bezeichneten Stoffe sind die, deren Atomgewicht anders als nach Berzelius angenommen wird.

Tabelle II. Specifisches Gewicht der zusammengesetzten Gase und Dämpfe.

1. Name der Gase.	2. Bestandtheile eines Volumens der Verbindung. Volumina.	3. Verdichtungsverhältniß.	4. Siedepunkt [1])	5. Dichtigkeit gegen die von Sauerstoff = 1	6. Dichtigkeit gegen die der Luft = 1 Berechnet.	7. Dichtigkeit gegen die der Luft = 1 Beobachtet.
17. Atmosphärische Luft	$\frac{4}{5}$ N + $\frac{1}{5}$ O	1 : 1		0,90814 [2])	1,00000	
18. Stickstoffoxyd	$\frac{1}{2}$ N + $\frac{1}{2}$ O			0,94259	1,03930	1,0388 B
19. Kohlenoxyd	$\frac{1}{2}$ C + $\frac{1}{2}$ O			0,88219	0,97269	1,9409 CD
20. Fluorwasserstoff	$\frac{1}{2}$ F + $\frac{1}{2}$ H			0,61570	0,67887	
21. Chlorwasserstoff	$\frac{1}{2}$ Cl + $\frac{1}{2}$ H			1,13782	1,25456	1,2474 BA
22. Bromwasserstoff	$\frac{1}{2}$ Br + $\frac{1}{2}$ H			2,47695	2,73107	
23. Jodwasserstoff	$\frac{1}{2}$ J + $\frac{1}{2}$ H			3,97692	4,38495	4,44 G
24. Cyanwasserstoff ⊙	$\frac{1}{2}$ NC + $\frac{1}{2}$ H		26°,5	0,85597	0,94379	0,9476 G
25. Cyanchlorür ⊙	$\frac{1}{2}$ NC + $\frac{1}{2}$ Cl			1,93140	2,12956	
Salpeteräther ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ salpetr. Säure		21° b. 758	2,36296 [3])	2,60539	2,626 D
Essigäther ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ Essigsäure		74° b. 760	2,77833 [4])	3,06338	3,067 D
Benzoëäther ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ Benzoësäure		209	4,97395 [5])	5,48424	5,409 D
Alkohol ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ Aq.		78°,4 b. 760	1,45157 [6])	1,60049	1,6133 G
26. Wasser ⊙	1H + $\frac{1}{2}$ O	$1\frac{1}{2}$: 1	100° b. 760	0,562398	0,62010	0,6235 G
27. Stickstoffoxydul	1N + $\frac{1}{2}$ O			1,38518	1,52730	1,5204 Co
28. Chloroxydul	1Cl + $\frac{1}{2}$ O			2,71325	2,99163	2,409 HD
29. Kohlensäure	$\frac{1}{2}$ C + 1 O			1,38218	1,52400	1,524 BD
30. Schweflige Säure	$\frac{1}{2}$ S + 1 O		— 10°	2,00582	2,21162	2,247 Bz

Anmerkungen zur Tabelle auf Seite 237.

1) In Centesimalgraden mit Beifügung des atmosphärischen Drucks in Millimetern, wo derselbe näher angegeben wurde.

2) In der Annahme, daß die Gemengtheile der Luft genau im angegebenen Verhältniß stehen. Die Dichte der wirklichen Luft, die des Sauerstoffgases zur Einheit genommen, ist = 0,90695.

3) In der Annahme, daß 1 Vol. salpeteriger Säure aus 1 Vol. Stickgas und 1½ Vol. Sauerstoffgas bestehe.

4) In der Annahme, daß 1 Vol. wasserfreier Essigsäure aus 3 Vol. Wasserstoffgas, 2 Vol. Kohlengas und 1½ Vol. Sauerstoffgas bestehe, also gegen Luft eine Dichtigkeit = 3,54588 besitze.

5) In der Annahme, daß 1 Vol. Benzoësäure aus 6 Vol. Wasserstoffgas, 7½ Vol. Kohlengas und 1½ Vol. Sauerstoffgas bestehe, folglich gegen Luft eine Dichtigkeit = 8,38760 besitze.

6) Das specifische Gewicht des Alkoholdampfes ist demnach das arithmetische Mittel aus den specifischen Gewichten des Äther- und des Wasser-Dampfs. Eben so mischen sich, nach Gay-Lussac's Beobachtungen, Alkoholdampf und Wasserdampf mit einander, ohne eine Verdichtung zu erleiden; während bekanntlich beim Vermischen dieser Körper in flüssiger Gestalt unter Wärmeentwicklung eine Volumensverringerung erfolgt.

Tabelle III. Absolutes Gewicht der Gase in Grammen bei 0° C. und 0m,76 Bar.

Cubikcentimeter.

	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.
Äther	3,35278	6,70556	10,05834	13,41112	16,76390	20,11658	23,46946	26,82224	30,17502
Alkohol	2,07917	4,15834	6,23751	8,31668	10,39585	12,47502	14,55419	16,63336	18,71253
Ammoniak . . .	0,76802	1,53604	2,30406	3,07208	3,84010	4,60812	5 37614	6,14416	6,91218
Arsenik	6,73269	13,46538	20 19807	26,93076	33,66345	40,39614	47,12883	53,86152	60,59421
Arsenikwasserstoff .	3,50042	7,00084	10,50126	14,00168	17,50210	21,00252	24,50294	28.00336	31,50378
Bor	0,97388	1,94776	2,92164	3,89552	4,86940	5,84328	6,81716	7,79104	8,76492
Brom	7,00639	14,01278	21,01917	28,02556	35,03195	42,03834	49,04473	56,05112	63 05751
Bromwasserstoff .	3,54788	7,09576	10,64364	14,19152	17,73940	21,28728	24,83516	28,38304	31,93092
Chlor	3,17017	6,34034	9,51051	12,68068	15,85085	19,02102	22,19119	25,36136	28,53153
Chlorwasserstoff . .	1,62977	3,25954	4,88931	6,51908	8,14885	9,77862	11,40839	13,03816	14,66793
Cyan	2,36275	4,72550	7,08825	9,45100	11,81375	14,17650	16,53925	18,90200	21,26475
Cyanwasserstoff . .	1,22606	2,45212	3,67818	4,90424	6,13030	7,35636	8,58242	9,80848	11,03454
Fluor	1,67443	3,34886	5,02329	6,69772	8,37215	10,04658	11,72101	13,39544	15,06987
Fluorwasserstoff . .	0,88190	1,76380	2,64570	3,52760	4,40950	5,29140	6,17330	7,05520	7,93710
Jod	11,30340	22,60680	33,91020	45,21360	56,51700	67,82040	79,12380	90,42720	101,73060
Jodwasserstoff . .	5,69639	11,39278	17,08917	22,78556	28,48195	34,17834	39,87473	45,57112	51,26751
Kiesel	1,32483	2,64966	3,97449	5,29932	6,62415	7,94898	9,27381	10,59864	11,92347

Tabelle III. Absolutes Gewicht der Gase in Grammen bei 0° C. und 0m,76 Bar.

Cubikcentimeter.

	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.
Kohlenoxyd . . .	1,26360	2,52720	3,79080	5,05440	6,31800	7,58160	8,84520	10,10880	11,37240
Kohlensäure . . .	1,97978	3,95956	5,93934	7,91912	9,89890	11,87868	13,85846	15,83824	17,81802
Kohlenwasserst., erster	0,72619	1,45238	2,17857	2,90476	3,63095	4,35714	5,08333	5,80952	6,53571
Kohlenwasserst., zweiter	1,27361	2,54722	3,82083	5,09444	6,36805	7,64166	8,91527	10,18888	11,46249
Phosphor . . .	2,80965	5,61930	8,42895	11,23860	14,04825	16,85790	19,66755	22,47720	25,28685
Phosphorwasserstoff	1,53889	3,07778	4,61667	6,15556	7,69445	9,23334	10,77223	12,31112	13,85001
Quecksilber . . .	9,06557	18,13114	27,19671	36,26228	45,32785	54,39342	63,45899	72,52456	81,59013
Sauerstoff . . .	1,43236	2,86472	4,29708	5,72944	7,16180	8,59416	10,02652	11,45888	12,89124
Schwefel	2,88141	5,76282	8,64423	11,52564	14,40705	17,28846	20,16987	23,05128	25,93369
Schweflige Säure .	2,87306	5,74612	8,61918	11,49224	14,36530	17,23836	20,11142	22,98448	25,85754
Schwefelwasserstoff	1,53008	3,06016	4,59024	6,12032	7,65040	9,18048	10,71056	12,24064	13,77072
Stickstoff	1,26790	2,53580	3,80370	5,07160	6,33950	7,60740	8,87530	10,14320	11,41110
Stickstoffoxyd . .	1,35013	2,70026	4,05039	5,40052	6,75065	8,10078	9,45091	10,80104	12,15117
Stickstoffoxydul . .	1,98408	3,96816	5,95224	7,93632	9,92040	11,90448	13,88856	15,87264	17,85672
Titan	4,34988	8,69976	13,04964	17,39952	21,74940	26,09928	30,44916	34,79904	39,14892
Wasser	0,80556	1,61112	2,41668	3,22224	4,02780	4,83336	5,63892	6,44448	7,25004
Wasserstoff . . .	0,08938	0,17876	0,26814	0,35752	0,44690	0,53628	0,62566	0,71504	0,80442
Zink	10,53210	21,06420	31,59630	42,12840	52,66050	63,19260	73,72470	84,25680	94,78890

Zweiter Abschnitt.

Lehre vom Schall.

I. Fortpflanzung des Schalls.

Ueber das Verhältniß der Schallgeschwindigkeit in elastischen Stäben, Platten und Körpern von drei Dimensionen. Aus Poisson's und Cauchy's Untersuchungen geht hervor, daß, wenn man mit einander vergleicht:

a) die Schallgeschwindigkeit in einem nach allen Richtungen gleich elastischen homogenen Stabe von unendlicher Länge aber sehr kleiner Breite und Dicke *);

b) in einer, nach allen Richtungen gleich elastischen, homogenen, sehr dünnen ebenen Platte von unendlicher Ausdehnung nach den zwei Dimensionen ihrer Fläche;

c) in einem, nach allen Richtungen gleich elastischen, homogenen Körper von unendlicher Ausdehnung nach allen drei Dimensionen,

so verhalten sich diese drei Schallgeschwindigkeiten (bei vernachlässigtem Druck auf die Oberfläche der elastischen Körper und vernachlässigter Schwere) **) respectiv wie:

$$\sqrt{15} : \sqrt{16} : \sqrt{18}$$

mithin die erste und dritte wie $\sqrt{5} : \sqrt{6}$; die zweite und dritte wie $\sqrt{8} : \sqrt{9}$

Man erhält nämlich unter den gegebenen Voraussetzungen folgende Formeln zur Bestimmung dieser Schallgeschwindigkeiten:

*) Wiewol in der Wirklichkeit Körper von unendlicher Ausdehnung nach einer, zwei oder drei Dimensionen nicht zu erlangen sind, so wird man doch die obigen für solche berechneten Gesetze in hinlänglicher Genauigkeit wiederfinden, wofern nur die Längenausdehnung des Stabes z. B. sehr groß im Verhältniß zu seiner Breite und Dicke ist, u. s. f.

**) Auch die geringe Beschleunigung, welche in der Schnelligkeit dadurch entsteht, daß vermöge der Condensation bei Schallschwingungen etwas Wärme frei wird, ist hierbei vernachlässigt, was bei festen Körpern weit eher geschehen kann, als bei Gasen.

	Relative Werthe von k	Quadratwurzeln dieser Werthe.	Beobachter.
.....	1,000	1,000	Colladon und Sturm.
.....	1,092	1,045	Lagerhielm.
gegossen	3,009	1,735	Tredgold.
.....	3,407	1,846	Chladni.
.....	4,102	2,025	Lagerhielm.
.	4,269	2,066	Chladni.
gezogen	4,826	2,205	Savart und Chladni
....	6,092	2,468	Tredgold.
.....	6,269	2,504	Savart.
	6,435	2,537	Lagerhielm.
eisen ..	9,565	3,093	Savart.
	9,907	3,148	Lagerhielm.

Zahlen, welche in der mit Quadratwurzeln überschriebenen
thalten sind, drücken zugleich das Verhältniß der Schallgeschwin-
n den verschiedenen Substanzen aus.
erdient bemerkt zu werden, daß die Formel, welche für den Stab
worden ist, auch noch in dem Falle gilt, wenn der Stab nicht
nach allen Richtungen gleich elastischen Körper herausgeschnitten
, sondern aus einem, der verschiedene Elasticitäten nach verschie-
htungen besitzt, wie Cauchy (Exerc. IV. p. 28. 29) dargethan
wird es nöthig, wenn man die Bestimmung nicht nach den Lon-
hwingungen eines solchen Stabes, sondern nach der Verlängerung,
ch ein Gewicht erfährt (zur Bestimmung von k) vornehmen will;
ung nicht an einem beliebigen Stabe derselben Materie, son-
emselben oder einem, nach der Richtung einer gleichen Ela-
schnittenen Stabe, als für den die Schallgeschwindigkeit bestimmt
ll, vorzunehmen.
y hat auch bestimmt (Exerc. IV. p. 30), wie man, wenn ein
ei auf einander rechtwinklige Axen der Elasticität hat, die Schall-
gkeit in Stäben, welche nach verschiedenen Richtungen herausge-
rden, berechnen kann, wenn man sie für 6 verschiedene Richtun-
Versuche gefunden hat.
y ein solcher Körper mit drei auf einander rechtwinkligen Axen
ität gegeben; man schneide successiv sehr dünne und lange Stäbe

den drei auf einander rechtwinkligen Richtungen der Elastici-
en;
den drei Richtungen, welche die Winkel, die die vorigen Rich-
n mit einander bilden, mittendurch theilen.
prüfe die Schallgeschwindigkeit nach diesen sechs Richtungen ent-
ittelbar oder durch die longitudinalen Oscillationen der Stäbe oder

… Man nenne die so gefundenen … Ω', Ω'', Ω'''; die drei letzten: Ω_1, Ω_2, Ω_3 … geschwindigkeit Ω eines Stabes, der nach der … drei gleiche Winkel mit den Elasticitäts- … bestimmt:

$$\ldots + \frac{1}{\Omega_3^2}\Big) - \frac{1}{9}\Big(\frac{1}{\Omega'^2} + \frac{1}{\Omega''^2} + \frac{1}{\Omega'''^2}\Big)$$

…geschwindigkeiten für alle Stäbe, die nach beliebigen … gewissen Punkt aus dem Körper mit drei auf … Elasticitätsaxen herausgeschnitten werden können (…). … Radien von einem gewissen Punkte im Körper ausgehend … zu bestimmen; dient folgende Gleichung des … Oberfläche repräsentirt, deren Radii vectores … von $\Omega\sqrt{\varrho}$ *) abgeben, welche Stäben angehören, … Radii vectores aus dem Körper herausgeschnitten …

$$\ldots + \mathfrak{C}z^4 + 2\,\mathfrak{D}y^2z^2 + 2\,\mathfrak{E}z^2x^2 + 2\,\mathfrak{F}x^2y^2 = 1$$

… x, y, z sind hierbei den Elasticitätsaxen parallel … Coefficienten aber dieser Gleichung werden durch folgende … bestimmt, worin Ω', Ω'', Ω''' die Geschwindigkeiten nach … der Axen x, y, z bedeuten; Ω_1, Ω_2, Ω_3 die Geschwindigkeiten … in den Ebenen der yz, xz, yx, nach Richtungen, welche die … der Coordinatenaxen halbiren.

$$\frac{1}{\Omega'^2} = \varrho\mathfrak{A},\ \frac{1}{\Omega''^2} = \varrho\mathfrak{B},\ \frac{1}{\Omega'''^2} = \varrho\,\mathfrak{C}$$

$$\frac{1}{\Omega_1^2} = \frac{1}{2}\varrho\left(\frac{\mathfrak{B}+\mathfrak{C}}{2} + \mathfrak{D}\right),\ \frac{1}{\Omega_2^2} = \frac{1}{2}\varrho\left(\frac{\mathfrak{C}+\mathfrak{A}}{2} + \mathfrak{E}\right)$$

$$\frac{1}{\Omega_3^2} = \frac{1}{2}\varrho\left(\frac{\mathfrak{A}+\mathfrak{B}}{2} + \mathfrak{F}\right)$$

Schallgeschwindigkeit in der Luft und verschiedenen Gasarten.

Berechnung der Schallgeschwindigkeit in der Luft. Man … nach Newton's, durch Laplace verbesserter, Formel … Schallgeschwindigkeit nach folgender Formel berechnen:

$$\Omega = \frac{k\,g\,p}{D}$$

… die Geschwindigkeit des Schalls (z. B. in Metern), g die Intensität der Schwerkraft … 9,8088 Meter, p der atmosphärische Druck in … D die Dichtigkeit des Mittels, in welchem der … und die Dichtigkeit des Quecksilbers = 1 gesetzt … Coefficient, welcher das Verhältniß zwischen der …

… Dichtigkeit des …

chen Wärme der Luft unter constantem Druck zu der specifischen Wärme Luft unter constantem Volumen bezeichnet, ist. Dieser Coefficient k bis jetzt nach Gay-Lussac's und Welter's Versuchen = 1,3748 nommen worden: doch ergab sich, wenn man hiernach die Schallge-windigkeit berechnete, dieselbe stets etwas kleiner als die beobachtete. nn man nun versucht, wie groß dieser Coefficient genommen werden ite, um die genauesten Beobachtungen über die Geschwindigkeit des Schalls der Formel in Übereinstimmung zu bringen, so findet man nach Du-g's *) Berechnung **), (der nach einem Mittel vieler von einander eichender Beobachtungen 333 Meter bei 0° C. als Schallgeschwindig-in 1 Sec. zu Grunde legt) 1,421 für den Werth desselben. Dulong in der That geneigt, dies für den wirklichen Werth des Verhältnisses er specifischen Wärmen zu nehmen, indem er glaubt, daß dasselbe von y-Lussac und Welter nicht richtig bestimmt worden sey.

Über das Verfahren, die Schallgeschwindigkeit in der ft aus der Länge oder dem Tone von Labialpfeifen zu be-nmen. Bekanntlich findet zwischen der Länge l einer gedeckten Labial-fe, der Schwingungszahl n, welche ihrem Grundtone entspricht, und Schallgeschwindigkeit Ω ***) folgende theoretische Beziehung Statt:

$$\Omega = 2nl$$

nach wäre es eine sehr einfache Sache, die Schallgeschwindigkeit aus Tone einer Labialpfeife von bekannter Länge abzuleiten ****), wenn t der (verkleinernde) Einfluß des Mundlochs auf die Größe der (dem ndloch zunächst liegenden) schwingenden Abtheilung diese theoretisch rich-Beziehung in der Wirklichkeit abänderte, wie dies Poisson auf ma-atischem Wege erwiesen hat †). In Folge dieses Umstandes findet , wenn man die Schallgeschwindigkeit nach obigem einfachen Verhält-aus der Länge und dem Grundton einer Zungenpfeife ableiten will, stets zu kleine Schallgeschwindigkeit ††).

Es bot sich, bei der Unstatthaftigkeit dieses Verfahrens, ein anderes, Bernoulli angegebenes, Mittel dar, die Labialpfeifen zur Bestim-g der Schallgeschwindigkeit zu benutzen, welches anscheinend einer gro-Genauigkeit fähig ist, da es vom Einfluß des Mundlochs unabhängig Dies Mittel besteht darin, daß man in die tönende Röhre einen Stem-

*) Pogg. XVI. S. 438.

**) Eine Bestätigung derselben durch Simons an den Versuchen von Moll und eek s. in den Philos. transact. J. 1830. I. p. 209 oder Pogg. XIX. S. 115.

***) Ω, n und l' begreiflich auf gleiche Einheiten der Zeit und des Raumes ›en.

****) Die Schwingungszahl, welche dem Tone zugehört, bestimmt man am ı dadurch, daß man den Ton des bekannten Instruments, der Sirene, da-in Einklang bringt.

†) Mém. de l'acad. des sc. 1817. p. 303.

††) Vgl. Pogg. XVI. 460

ten erhalten hatte und nun, bei fortgesetztem Öffnen der [illegible] unter dem constanten Druck der Atmosphäre bleibende Gas, einen [illegible] so weit hineinschob, bis wieder der anfängliche Ton erschien [illegible] Größe, um welche der Stempel hineingeschoben werden mußte, [illegible] Gasen (Luft, Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, ölbildend. Gas u. s. w.) [illegible] ausgießt, mußte die [illegible] überall eine gleiche Lage haben.

Über das Verfahren, die Schallgeschwindigkeit in der Luft aus der Länge und dem Tone von Zungenpfeifen zu berechnen. Weber [illegible], der sich so große Verdienste um die Theorie der Zungenpfeifen erworben hat, schlägt die Anwendung dieser statt der Lippenpfeifen zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit vor, und giebt zwei [illegible] Wege an. Die Werthe für die Schallgeschwindigkeit, welche er durch dieselben findet, zeigen eine vortreffliche Übereinstimmung mit der [illegible]. Da man nach Laplace's Formel für k = 1,375 berechnet (vgl. S. [illegible]) und wenn man danach diese Geschwindigkeit für die wahre nimmt, so scheinen diese Methoden nichts zu wünschen übrig zu lassen. [illegible] Ergebnisse der [illegible] Beobachtungen dahin zu [illegible], daß [illegible] k berechnete Geschwindigkeit [illegible] würde man [illegible] auch auf diesem Wege [illegible] Geschwindigkeit erhalten[2], [illegible] alle Verfahrungs-[illegible] auf die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit aus der Länge der Zungenpfeifen [illegible] Schallgeschwindigkeit in [illegible] zur [illegible] haben. [illegible] die Resultate [illegible] [illegible].

[illegible] Methode. Bei [illegible] der Zungenpfeifen wird [illegible] daß [illegible] gewissen Länge u einen be-[illegible] Ton [illegible] Länge u + l' finden wird, [illegible] bei den [illegible] [illegible]. Hat man nun eine [illegible] dem Tone der Zungen-[illegible], so läßt sich [illegible] Formel berechnen:

$$[illegible]$$

[illegible] Formel [illegible] die Länge einer offe-[illegible] Mundstücks als [illegible].

[illegible] Methode. [illegible] sondern die ganze Länge l einer [illegible] so muß man, um Ω zu

[1] [illegible] XVII. S. [illegible]

[2] [illegible], daß, wenn man [illegible] auf den [illegible] wird, [illegible] wenn die berechnete Schallgeschwindigkeit [illegible].

stimmen, noch die, die Zunge derselben betreffenden, Verhältnisse kennen, wo sich dann, Weber's Herleitung zu Folge *) Ω nach folgender Formel ergibt:

$$\Omega = 2 l n' + \frac{2 a k n'}{\pi (n^2 + n'^2)}$$

welcher Formel n die Zahl der Schwingungen der isolirten Platte oder Zunge, n' die Zahl der Schwingungen der Zungenpfeife (der Zunge und Röhre in Verb.) l die Länge der Zungenpfeife, k = 1,375 nach Gay-Lussac und Welter; a eine, der Größe der Platte direct, ihrem Gewicht und dem Querschnitt der Röhre umgekehrt proportionale Größe, deren nähere Bestimmung bei den über die Zungenpfeifen zu gebenden Formeln folgen wird, ist. Die Übereinstimmung dieser Formeln mit der Erfahrung wird sich durch folgende Vergleichung ergeben.

Für die erste Formel **). Bei einer gegebenen Zungenpfeife fand sich (die Temperatur des Versuchs ist nicht angegeben)

l' = 225,2 Lin.

n' = 680,0 in der Sec. ***)

Mithin Ω = l'n' = 1063,5 Fuß (= 345,3 Meter) in der Sec.

Für die zweite Formel ****). Die Data der Versuche waren folgende: Temperatur der Luft in der Pfeife 22° R.; Länge = 14,058 Linien; Breite = 3,0 Lin.; Dicke = 0,337 Lin. der eisernen Platte (Zunge) der Zungenpfeife, welche allein schwingend 1140 Schwingungen in 1 Sec. machte. Weite der cylindrischen Luftsäule = 4,3 Lin.

Folgendes ist eine Zusammenstellung der hiermit erhaltenen Resultate:

Länge der Zungenpfeife = l	Zahl der von der Zungenpfeife ausgehend. Schallwelle = n'	Geschwindigkeit des Schalls nach der Formel Ω = 2 l n' berechnet	Geschwindigkeit d. Schalls nach d. genauern Formel berechnet.	Geschwindigkeit d. Schalls nach Laplace's Theorie †)	Differenzen
Linien		Fuß	Fuß	Fuß	Fuß
110,0	676,0	1032,7	1065,7	1066,3	— 0,6
122,0	608,0	1030,4	1057,4	1066,3	— 8,9
128,0	583,0	1036,6	1061,7	1066,3	— 4,6

*) Pogg. XVII. S. 237.

**) Pogg. XVII. S. 241.

***) Nach folgenden Datis:

Schwingungszahl der Zungenpfeife.	ganze Länge der Zungenpfeife.
721,9	97,6 Linien
681,5	103,4
670,5	109,6
700,0	310,5
679,4	329,0
638,3	348,4

****) Pogg. XVI. S. 202. XVII. S. 237.

†) Hier ist die Geschwindigkeit nach der Formel auf S. 244 für k = 1,375

Versuche über Schallgeschwindigkeit in der Luft bei großer Kälte. Capitain Parry und Lieutenant Forster *) haben im J. 1824 und 1825 zu Port-Bowen Versuche über die Schallgeschwindigkeit durch Abschießen eines Sechspfünders angestellt, welche dadurch bemerkenswerth sind, daß sie bei sehr niederer Temperatur angestellt wurden. Die Bestimmung geschah an beiden Enden **) einer Linie, welche 12892,89 engl. Fuß maß. Als Mittel der Beobachtungen (mit Weglassung der letzten Beobachtung in nachfolgender Tabelle, wo ein starker Wind Statt fand) ergab sich eine Geschwindigkeit von 1035,19 engl. Fuß (in der Secunde) bei — 17°,72 F. (— 27°,62 C.) und 29,936 engl. Zoll Barometerstand. (Der Feuchtigkeitszustand ward nicht bestimmt). Diese Geschwindigkeit beträgt 33,27 Fuß mehr als sie nach Laplace's Formel betragen sollte.

Barometerstand in engl. Zollen	Temperatur Fahrenheit.	Zahl der Schüsse	Mittleres Intervall von beiden Stationen	Geschwindigkeit in engl. Fußen
29,841	— 7°	5	12,3912	1040,49
29,561	— 9°	6	12,4288	1037,34
30,268	— 37°	4	12,529	1029,01
29,647	— 24°,5	6	12,6278	1020,99
29,598	— 18°	6	12,406	1039,25
29,785	— 37°,5	6	12,7617	1010,28
30,398	— 38°,5	6	12,71	1014,39
30,258	— 21,5	6	12,5583	1026,64
30,118	+ 33,5	6	11,7387	1098,32
30,102	+ 35	6	11,5311	1118,10

Geschwindigkeit des Schalls in verschiedenen Gasarten. Dulong hat mittelst tönender Labialpfeifen nach dem S. 247 angegebenen Verfahren folgende Werthe der Geschwindigkeit des Schalls in verschiedenen Gasarten für den Zustand der Trockenheit und bei 0° C. gefunden:

berechnet. Die wirkliche Schallgeschwindigkeit jedoch würde sich, wenn man sie zu 333 Meter für 0° annimmt, bei 22° R. ergeben = 349,7 Meter = 1076,4 Fuß. Wollte man auch die Correction für k = 1,421 berechnen, so würde man doch nur z. B. statt 1065,7 Fuß erhalten 1066,7 Fuß.

*) Jameson's Edinb. N. phil. J. Oct. 1828 — march. 1829. p. 26.

**) So daß der Einfluß der Luftbewegung durch Ziehung des Mittels beseitigt werde.

...e und specif. Gewicht der Gasart	Schallgeschwindigkeit in 1 Sec. in der trocknen Gasart bei 0° C., in Metern
Atmosphärische Luft 1	333
Sauerstoffgas, 1,1026	317,17
Wasserstoffgas, 0,0688	1269,5
kohlens. Gas, 1,524	261,6
Kohlenoxydgas, 0,974	337,4
Stickstoffoxydgas, 1,527	261,9
Ölbildendes Gas, 0,981	314

Diese Resultate verdienen allem Anschein nach mehr Zutrauen, als die ...f ähnlichem Wege gefundenen früheren, welche Chladni und Jacquin*), ...erbi und Merrick**), Benzenberg***), Richard van Rees ...kannt gemacht haben, theils weil nicht nur Dulong alle Sorgfalt dar... ...wandte, die Gasarten rein von Feuchtigkeit und andren Beimischungen ...zuwenden, was nicht immer von frühern Beobachtern geschehen ist, theils ...il er sich zur Bestimmung der Schwingungszahl der Vergleichung der ...nhöhe mit der Tonhöhe einer Sirene bediente, welche eine größere Ge... ...nigkeit in diesem Bezuge zuläßt, als das meist von frühern Beobachtern ...gewandte Monochord.

Vor allem beim Wasserstoffgase weichen die Resultate Dulong's von ...en der frühern Beobachter ab, was unstreitig daher rührt, daß bei der ...ingen Dichtigkeit dieses Gases die Fehler, die von der zufälligen Bei... ...ngung eines andern Gases oder eines Dampfs entstehen, sehr leicht ei... ...n großen Einfluß äußern. Mit aller der zu seiner Reinheit nöthigen ...rgfalt bereitet, giebt es einen fast um zwei Octaven höhern Ton als ...uerstoffgas, während Chladni fast niemals mehr als eine Octave und ...e kleine Terz, zuweilen nur eine Octave gefunden hatte; auch die von Rees gefundene Zahl ist, obgleich weniger unrichtig, doch um $\frac{1}{7}$ kleiner ... der Fall seyn müßte, wenn man den Werth von k in der Formel S. ... k = 1 setzte, so daß hier k einen kleinern Werth als 1 haben müßte, ...lches der Natur der Sache nach unmöglich ist.

Erregung, Messung und Anwendung vergleichbarer Töne.

Neues Mittel, vergleichbare Töne zu erzeugen, (Dre... ...ng gezähnter Räder), von Savart****). Das nachfolgende

*) Chladni's Akustik. S. 226.
**) Nicholson J. XXVII. S. 269 und XXXIII. S. 161 (Gilb. XXXIX. 438).
***) Gilb. Ann. XLII.
****) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 337 oder Pogg. Ann. XX. 284.

[illegible] sich auf das bekannte Princip, welches der Construction [illegible] Sirene zu Grunde liegt, zufolge dessen eine schnelle Aufeinanderfolge [illegible] periodisch wiederkehrender Schläge fähig ist, einen Ton zu [illegible] Höhe im geraden Verhältniß der Schnelligkeit der Aufeinanderfolge [illegible] dabei indeß zu bemerken ist, daß bei Vergleichung mit Schwingungen [illegible] gung der Schlag mit der ihm folgenden Stille zusammen [illegible] Schwingung gerechnet werden müsse.

[illegible] ittel, welches Savart in diesem Bezug anwendet, und [illegible] zu [illegible] Bestimmungen benutzt hat (s. weiterhin), besteht in einem mehr oder weniger schnell gedrehten Rade, versehen am Umfang mit einer zweckmäßigen Zahl von Zähnen, die nach einander gegen einen auf einer Unterlage befestigten (oder auch nur mit der Hand gehaltenen) dünnen Körper schlagen, z. B. gegen [illegible] oder ein zugeschärftes Blatt von leichtem Holze. (Die nähere [illegible] ist nicht beschrieben). Die Höhe der Töne, die hierdurch bei Um[illegible] Rades entstehen, steht, wie sich Savart überzeugt hat, im gera[illegible] Verhältniß der Schnelligkeit der Umdrehung und die Zahl der hierbei [illegible] enden Schläge ist genau so groß als die der Doppelschwingungen einer [illegible] dem Rade im Einklang tönenden Saite. Je größer der Durchmesser de[illegible] Rades bei gleicher Anzahl von Zähnen ist, desto größer ist die Stärke des [illegible] resultirenden Tones.

Auch dadurch, daß man senkrecht [illegible] gen die Ebene des Rades durch eine Röhre von etwas kleinem Durchm[illegible] r einen Luftstrom gegen die Zähne des sich drehenden Rades treibt, kann man Töne hervorbringen, welche bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit sich in Einklang mit den durch den Anschlag an das Blatt erzeugten, zeigen.

Savart stellte seine Versuche mit drei messingenen Stäben an: 1) von 24 Centimetern Durchm. und 360 Zähnen im Umfange; 2) von 48 Cent. Durchmesser und 400 Zähnen; 3) von 82 Cent. Durchmesser und 720 Zähnen. Um bei dem letzten großen Rade die Zahl der Schläge für große Geschwindigkeiten, wo die Tonhöhe nicht mehr direct zur Bestimmung führen kann, zu bestimmen, brachte Savart anfangs an der Axe des Rades einen Zähler an, doch gestattet dies Mittel keine leichte Anwendung, sobald die Geschwindigkeit der Umdrehung sehr groß wird. Er zog es daher später vor, die Zahl der Umläufe durch den Ton eines zweiten gezähnten Rades zu bestimmen, welches einen kleinern Durchmesser besaß, und eine dreißig- bis vierzigmal geringere Zahl von Zähnen, als das große Rad auf seinem Umfang trug. Da der Ton dieses zweiten Rades viel tiefer war, so konnte man ihn leicht mit dem Monochord in Einklang bringen und die Anzahl der erzeugten Schwingungen berechnen, aus der sich dann leicht die Anzahl der Umläufe des Rades ergab.

Über die Gränze der mittelst dieses Verfahrens noch hörbaren Töne wird später Näheres mitgetheilt werden.

Savart erinnert, daß die Töne, welche sich solchergestalt mit gezähnten Rädern hervorbringen lassen, mit Vortheil angewandt werden können

n Maschinen die Zahl der Umläufe der Axen zu bestimmen und
Gleichförmigkeit ihrer Umdrehung zu überzeugen.

hren, auf einer Violinsaite von gleichbleibender
g durch Streichen Töne von mannichfaltiger Höhe
fentöne) hervorzubringen, von Pelisson *). Dies
eruht darauf, daß die Saite eine rasche Aufeinanderfolge klei
mpfängt, durch welche blos Molecularschwingungen derselben,
Schwingungen der ganzen Saite oder ihrer aliquoten Theile her
verden. Dies gelingt am besten, wenn der Ungeübte den Bo
Stege einer etwa zwei Schuh langen, ½ Lin. dicken, in g ge
iolin-) Saite aufsetzt und so leicht als möglich **) und in einem im
Zuge zu streichen anfängt. Der erscheinende Ton richtet sich dann
er Stärke oder Schnelligkeit des Striches und man kann alle
je eine Saite mittelst des Windes giebt (Äolsharfentöne), und
sten dazwischen und höher liegenden Töne auf diese Art sehr
n. Wenn man den Bogen beim Frosche aufsetzt, und so im
bis an seine Spitze über die Saite führt, so wirkt der Bogen
er kürzer werdender Hebel der ersten Art, und nach Maßgabe
schwächer werdenden Druckes (der indeß in seinem höchsten
leicht seyn, und mit der Hand regulirt werden muß) erscheinen
ischen Töne von ihrer größten Höhe bis zur möglichsten Tiefe,
t sogar alle möglichen Töne so sehr im Bogen, daß man bei
Fertigkeit auf einer stets gleich langen Saite bei unveränder
ng sogar nicht unangenehme Melodien spielen kann. — Die
en jener Molecule, welche der Bogen unmittelbar berührt, lau
dem nämlichen Zeitraume, in welchem die Saite eine Schwin
ngen würde, an's entgegengesetzte Ende der Saite, und werden
t, so daß es scheint, als entstünde der Ton an dem, dem ge
tgegengesetzten, Ende der Saite.

n aber die Führung des Bogens einmal in seiner Gewalt, so
taunen, welch' eine reizende Folge von Tönen auf einer einzigen
rgebracht werden kann. Die Töne sind auf diese Art denen der
täuschend ähnlich, daß sie durch das Gehör nicht von einander
werden können.

an mit dem Äolstone den Grundton der Saite zugleich ertö
igt es oft, eine Folge von Accorden hervorzubringen, die, wenn
einfachen Flötentönen in Verbindung gebracht werden, einen
nlichen Effect hervorbringen, daß man bald eine leise Flöten
ld fernes Glockengeläute, bald Harmonieen einer entfernten
ören glaubt.

z. Ann. XIX. S. 251.

nn der Grundton der Saite allein oder mit einem der Äolstöne zu
wird, war der Druck des Bogens schon zu stark.

etall, so verändert sich der Ton und hört zuweilen auf. Ertheilt Tische einen gelinden Stoß, so fängt der Ton wieder an und vorher fort. Setzt man den Apparat auf eine hölzerne Schach- ıf einen Resonanzboden, so sind die Töne höchst musikalisch.

ıische Harmonika. Van Mons theilt in einem Briefe an wörtlich Folgendes mit: „Um zu sehen, welche Wirkung die ung der Glasröhren mit Röhren aus andern Stoffen in Bezug mische Harmonika hervorbringen werde, haben wir Röhren von n Metallen angewandt; wir erhielten aber nur von den klingen- röhren, nämlich von Zinn, Eisen-Blech, Kupfer, Silber u. s. w. die übrigen nicht klingenden Metalle lieferten uns keinen. Das einen Orgelton, und somit den Ton einer gedrängten und mit ulirenden Luft (?), der auf diese Art circulirende Wasserdampf die Ursache der gewöhnlichen Erscheinung seyn. Wir haben in die- Versuche mit allen brennbaren Gasen, als mit gekohltem Wasser- ıit Schwefelwasserstoffgase, Hydrocarbongase und Kohlenoxydgase, nalluft und mit Stickstoffoxydluft gemischt war, und die einer ı Verbrennung fähig sind, angestellt: Alle Versuche gelangen, eine blaue Flamme, wenn man sie längs des Glases hinstreichen Ausströmen des Gases aus der Leitungsröhre darf nicht zu hef- ıamit nicht ein Theil desselben der Verbrennung entgeht; denn in :e entzieht sich das Kohlenoxyd und die beiden gekohlten Wasser- n der Verbrennung und bedecken die innere Fläche der Glasröhre iß. Findet man in der Röhre eine Stelle, wo der Ton anfängt, n an dieser einige Zeit anhalten und nur langsam herabsteigen. ɔer chemischen Harmonika muß, wie jede andere Wirkung, wenn ern soll, steigen; ist er einmal im Gange, so hält er dann aus. : Flamme sich verlängert, beginnt das Tönen. In dem Maße, ie Röhre absteigen oder aufsteigen läßt, steigt und fällt auch der versichere Sie, daß, wenn man sich auf diese Weise mit Röh- rzinntem und unverzinnten Eisenbleche (der Ton von beiden ist eben), von Orgelmetall und dgl. von verschiedener Länge, Dicke übte, man es dahin bringen könnte, eine Art ziemlich harmo- ısik hervorzubringen. Zu Lüttich macht man ein sehr hellklin- ıs, von welchem Röhren in verschiedenem Durchmesser einen sehr starken Ton geben. Die Glasröhren zu den Argandischen Lam- oft auch einen guten Ton."

:r klingende Legirungen. Kastner **) theilt folgende drei erhältnisse als leicht ausführbar und wohlfeil mit, um dem Zinn hter Härte und Weiße ein gesteigertes Klangvermögen zu er-

hner's Rep. XXXII. S. 421.
stn. N. Arch I. S. 424.

…n, 2 Wismuth, 2 Antimon, 3 Eisenfeilstaub. Matt (kaum … weiß, hoher Politur fähig, ziemlich luftbeständig. Der … *) etwas schnarrend, mehr als die folgenden den Klängen der …strumente sich nähernd, einen tiefern Ton entwickelnd als die …

…n, $2\frac{1}{3}$ Kupfer, $\frac{5}{8}$ Wismuth, bläulich weiß, luftbeständig, …bhaft glänzend. Der Klang voll, nicht schnarrend, dem …ge sich nähernd, sehr rein.

… und 1 eisenfreies Antimon, blauweiß, bei gleicher Abreibung …glänzend als Nr. 1) und 2), vollkommen luftbeständig. Der … die größte Fülle darbietend, den Glasscheibentönen täuschend …

Ansicht Pellisov's von der Erregung der Töne **). Die gewöhnliche Ansicht von Entstehung der Töne durch eine schwingende Saite oder Luftsäule ist die, daß der Ton hierbei von der Schnelligkeit, mit welcher die ganze Saite oder Luftsäule oder ihre aliquoten Theile schwingen, abhänge, und daß die Oscillationen der kleinsten Theilchen, aus denen der schwingende Körper besteht, nur insofern hierbei in Betracht kommen, als sie zur Resultante eben die Schwingung des ganzen tönenden Körpers oder seiner aliquoten Theile geben. Pellisov dagegen kehrt diese Ansicht um, indem er behauptet, daß der Ton blos von der Schnelligkeit, mit der die kleinsten Theilchen der Saite oder Luftsäule oscilliren, abhänge, die Schwingung der ganzen Saite oder Luftsäule käme hierbei blos insofern in Betracht, als sie bestimmend für die Schnelligkeit jener Molecularosscillationen wirke, so daß, wenn z. B. eine Saite ganz oder aliquoten Theilen nach transversal schwänge, ohne daß doch die einzelnen Molecule innerhalb der Saite Schwingungen machten, kein Ton entstehen würde. Diese Ansicht sucht Pellisov namentlich durch folgende Erörterungen zu erläutern und zu bestätigen, und wendet sie auf die Erklärung nicht nur der S. 253 erzählten, sondern auch der Äolsharfentöne an.

Molecularschwingungen eines Körpers lassen sich nach Pellisov dadurch hervorbringen, daß man irgend einem beliebigen Theile desselben oder dem ganzen Körper zugleich eine Reihe schnell aufeinander folgender Stöße mittheilt und die Schnelligkeit dieser Molecularschwingungen steht mit der schnellen Folge der erregenden Stöße immer in geradem Verhältnisse. Hat man eine Saite ganz oder ihren aliquoten Theilen nach in transversale Schwingungen versetzt, so wirken hier die Transversalschwingungen selbst als eben so viel Stöße, vermöge des wechselseitigen Zusammendrückens und Ausdehnens der kleinsten Theilchen, und deshalb behält eine transversal schwingende …te immer denselben Ton, so lange die Schnelligkeit ihrer Schwingungen

*) Bei einer kreisrunden Scheibe von $3\frac{1}{4}$ rh. Zoll Durchmesser und $\frac{1}{2}$ Lin. eben so bei den andern Legirungen.

**) Pogg. Ann. XIX. S. 237.

ich gleich bleibt, weil hierdurch zugleich die Schnelligkeit ihrer Molecularoscillationen bestimmt wird.

In der That, wenn man einer Saite durch das Verfahren, was S. 256 näher beschrieben ist, blos kleine Stöße mittheilt, ohne daß sie dadurch in ihrer ganzen Länge in Schwingung versetzt wird, so vermag sie je nach der Schnelligkeit dieser Stöße auch Töne von höchster Mannichfaltigkeit zu geben, welche auf keine Weise mit einer Entstehung derselben aus Schwingungen der ganzen Saite oder ihrer aliquoten Theile vereinbar sind, und eben so widerspricht die Reihenfolge der Töne, welche eine im Winde erklingende Äolsharfensaite zu geben vermag, und die mit der vorigen auffallend übereinstimmt, einer solchen Erklärbarkeit aus Schwingungen aliquoter Theile der Saite, indem der Wind auch hier nur dadurch wirkt, daß er der Saite kleine schnell aufeinander folgende Stöße ertheilt (S. 253).

Pellisow wendet diese Ansicht auch auf Blasinstrumente an und setzt sie noch mit mehrern andern Umständen in Verbindung, welche die Schwingungen von Saiten oder starren Stäben betreffen, worüber wir auf die Originalabhandlung verweisen. Er verspricht dieselbe der Rechnung zu unterwerfen und dadurch ihre Triftigkeit noch näher zu erweisen.

Über Combinationstöne oder Tartinische Töne von Blein *). Die Schwingungszahl des Tartinischen Tons, der zwei zusammenklingende Töne begleitet, ist der Rest, welcher übrig bleibt, wenn man von der Schwingungszahl des höhern Tons die des niedern Tons, so oftmal genommen, als sie ganz in der des höhern enthalten ist, abzieht. Ist z. B. die Schwingungszahl des höhern Tons 400, die des niedern 256 in 1 Sec., so wird die des Tartinischen Tons 144 seyn.

Bestätigungen dieses schon früher bekannten Gesetzes enthalten u. a. die Beobachtungen Blein's, der seine Versuche mit zwei Saiten anstellte, von denen die eine immer den Ton c gab, indem sie 256 Schwingungen in einer Sec. machte, während die andre Saite successiv so gespannt wurde, daß sie nach und nach die in der folgenden Tabelle angeführte Reihe von Tönen gab.

*) Pogg. Ann. XV. S. 216, aus Exposé de quelques principes nouveaux sur l'acoustique et la théorie des vibrations et sur l'application à plusieurs phénomènes de la physique par le Baron Blein. Paris 1827.

56 Zinn, 2 Wismuth, 2 Antimon, 8 Eisenfeil
aulich) weiß, hoher Politur fähig, ziemlich
lang *) etwas schnarrend, mehr als die folgend
aiteninstrumente sich nähernd, einen tiefern Ton
lgenden.

00 Zinn, 2½ Kupfer, ½ Wismuth, bläulich
lirt lebhaft glänzend. Der Klang voll, nic
lasklange sich nähernd, sehr rein.

3) . Zinn und 1 eisenfreies Antimon, blauweiß, bei
minder glänzend als Nr. 1) und 2), vollkommen
Klang die größte Fülle darbietend, den Glasgl
ähnlich.

Ansicht Pellison's von der Erregung
gewöhnliche Ansicht von Entstehung der Töne durch
oder Luftsäule ist die, daß der Ton hierbei von der
über die ganze Saite oder Luftsäule oder ihre aliqu
abhänge, und daß die Oscillationen der kleinsten
schwingende Körper besteht, nur insofern hierbei
sie zur Resultante eben die Schwingung des ganzen
seiner aliquoten Theile geben. Pellison begegn
indem er behauptet, daß der Ton blos von der
kleinsten Theilchen der Saite oder Luftsäule oscilli
gung der ganzen Saite oder Luftsäule käme hier
tracht, als sie bestimmend für die Schnelligkeit
wirke, so daß, wenn z. B. eine Saite ganz
transversal schwänge, ohne daß doch die einz
Saite Schwingungen machten, kein Ton ent
sucht Pellison namentlich durch folgende Er
zu bestätigen, und wendet sie auf die Erkl
erzählten, sondern auch der Äolsharfentöne a

Molecularschwingungen eines Körpers la
dadurch hervorbringen, daß man irgend einem
dem ganzen Körper zugleich eine Reihe schn
mittheilt und die Schnelligkeit dieser Mole
schnellen Folge der erregenden Stöße immer
man eine Saite ganz oder ihren aliquoten The
gungen versetzt, so wirken hier die Transve
so viel Stöße, vermöge des wechselseitigen
ments der kleinsten Theilchen, und deshalb
Saite immer denselben Ton, so lange die

* Bei einer drehenden Scheibe von
Dicke, eben so bei den andern Legirungen.

**) Pogg. Ann. XIX. S. 2..

...rvellten

...an
...es,
... die
man
...ehen:
...he am
...bt und
...er Saite
...gleich zu
...dann die
...wird, denn
...ufdrückenden
...g der Saite
...der Steg be=
...st in Schwin=
Unterlage fort=

...ene Einrichtung
...festigungsart der
...uch mit mehrern
einen andern Na=
...r Tonwage vor)
...Musiker und Instru=
...zbarkeit seyn. Für
...ahme der Länge einer
...nenden Gewichts mit
... für verschiedene physi=
...as Detail der Beschrei=
...nehmen würde, so ver=
...handlung.
...r Versuche zur Bestim=
...er, von Weber **). We=
...ann in vielen Fällen, wo es
...und Kräfte der Körper, wie
... Ausdehnung durch die Wärme
... der Untersuchung treten kann,

… Wege für genaue Messung darbietet, als …

… Verlängerung einer Metallstange, wenn sie sich … schwierig, diese kleine Verlängerung … dagegen die Änderung der … Metallsaite, wenn sie, mit ihren Enden … unverrückbar und ausgespannt, nur die … diese Verlängerung die Kraft, … Länge gespannt wird, sehr …

… 48 par. Linien lang … mit 144,63 Gramm ge… … Sec. … Wird diese Eisensaite … und … daß sie … ausdehnt, … sie noch … Viertelstonstufe … als … Änderung eines nachher … Schwingung zu 1000 Schwingungen … Theil von jenem. … vortheilhafter ist in diesem Falle der … Auges; denn die Messung … bei … feiner als die mittelst des Auges, … unterstützt, höchstens bis auf den …

… daß das Ohr fein genug … mehr als eine Schwingung … durch einen Nonius oder … durch die Mikrometerschraube … mit ihm machen kann als ohne … Bestimmung der Höhe der Töne … die Zählung der Schwingungen … daß man unter günstigen Um…

… die ihm bei feinen Un… … Die erste derselben ist die … Wenn die nicht ganz über… … zwingen, so beobachtet … Uhren zwischen einander … Uhren zusammenfallen, … Eben so machen … tönenden Körper, … Statt findet, auf das

inen stärkern Eindruck, so oft die Maxima ihrer Schwingungen zu-
nfallen, und diese stärkeren Eindrücke auf unser Ohr nennen wir
ebungen. Diese sogenannten Schwebungen leisten nun für das Ohr
e, was der Vernier bei Längenmessungen und Winkelmessungen lei-
Durch den Vernier wird eine und dieselbe Linie zweimal in gleiche
getheilt, so daß sie bei der zweiten Theilung eine Unterabtheilung
als bei der ersten Abtheilung erhält. Durch die Schwingungen zweier
r, welche Schwebungen hervorbringen, wird ein und derselbe Zeit-
zweifach in gleiche Theile getheilt, so daß die eine Theilung eine
btheilung mehr als die andere erhält. Wie man nun beim Vernier
usammenfallen zweier Striche beobachtet, so beobachtet man die Schwe-
n als das Zusammenfallen zweier Schwingungen.

Die zweite von Weber zur Unterstützung des Ohres bei Vergleichung
Töne angewendete Methode gründet sich darauf, daß er den zu be-
mden Ton auf doppelte Weise mit einem andern Ton in Einklang
ngen sucht, erst durch Erhöhung, dann durch Vertiefung des zweiten
und auf beiden Seiten die Gränzen bestimmt, wo das Ohr den
chied beider Töne wahrzunehmen anfängt.

III. Resonanz.

Über resonirende Luftsäulen und Lufträume von Wheatstone *).

us den weiterhin anzuführenden Versuchen Wheatstone's gehen
e Ergebnisse hervor:

) Nicht nur vermag a) der Ton einer Stimmgabel durch Resonanz
Mittönen einer isochronisch schwingenden Luftsäule verstärkt zu werden,
r auch b) der Ton einer Luftsäule kann selbst wieder den Ton eines
strumentes verstärken.

Eine durch Mittheilung schwingende Luftsäule braucht nicht immer
nisch mit dem selbsttönenden Körper zu schwingen, sondern die Zahl
Schwingungen kann auch ein Multiplum von der Zahl der Schwin-
des selbsttönenden Körpers seyn.

Das Umgekehrte des vorigen Satzes findet nicht Statt, d. h., wenn
hl der Schwingungen einer Luftsäule ein Aliquotum von der Zahl
hwingungen des selbsttönenden Körpers ist, so zeigt sich keine Re-

Eine und dieselbe Luftsäule kann Töne von verschiedener Höhe gleich-
verstärken.

Nach diesen Sätzen erklärt sich die Wirkungsart einiger musikalischen

*) Quaterly Journ. of Sc. New Series. No. V. Jan. — Apr. 1828. 175 oder
gg. A. LIII. 227.

Instrumente, namentlich des Javanesischen Génder und der sogenannten Maultrommel.

Zu 1). a. Werden die Zinken einer tönenden Stimmgabel dicht vor das Mundloch einer Flöte gebracht, deren Seitenlöcher so verschlossen werden, daß sie denselben Ton als die Stimmgabel geben kann: so wird der schwache und kaum hörbare Ton der Stimmgabel durch eine volle Resonanz der Luftsäule in der Flöte verstärkt. Verschließt oder öffnet man aber noch eine andre Seitenöffnung, so nimmt wieder die Stärke des Tones ab. Dieser Versuch gelingt leicht mit einer Concertflöte, und einer den Ton „zweigestrichen c" gebenden Stimmgabel. Zu bemerken ist, daß man beim Blasen einer Flöte das Mundloch zum Theil verdeckt, wodurch der Ton ungefähr eine halbe Stufe tiefer wird, als wenn die Flöte bei ganz geöffnetem Mundloche in Schwingung gebracht würde. Nun muß die Flöte, auf die letztere Weise tönend, mit der Stimmgabel im Einklang seyn, und es ist daher nöthig, statt „zweigestrichen c" auf der Flöte „eingestrichen h" zu greifen. Statt der Luftsäule in der Flöte kann man auch den vom Munde eingeschlossenen Luftraum anwenden, wenn man ihm das passende Volumen giebt. Der Ton der Stimmgabel scheint dann am meisten verstärkt zu werden, wenn man die Zunge und übrigen Sprachorgane in eine solche Stellung bringt, als wollte man den Nasenlaut ng fortwährend singen, und dabei die Öffnung der Lippen so lange ändert, bis der Ton am stärksten ist.

b. Man lege zwei Concertflöten auf eine Tafel und parallel dicht neben einander. Auf der einen Flöte blase man stark das zweigestrichene c, wobei alle Seitenlöcher offen stehen; die andere Flöte greife man so, daß sie eine halbe Stufe tiefer tönt (welches Intervall so viel beträgt, als die Vertiefung bei der ersteren Flöte durch theilweise Verdeckung des Mundlochs mit der Lippe): so bemerkt man einen wesentlichen Unterschied in der Stärke des Tones, je nachdem man das erste Loch der andern Flöte öffnet oder verschließt.

Zu 2). Wheatstone nahm eine an einem Ende durch einen beweglichen Stempel verschlossene Röhre und hielt die Zinke einer schwingenden Stimmgabel, welche das zweigestrichene c gab, vor ihr offenes Ende. Die Länge der Luftsäule war 6 Zoll. Wurde die Länge der Luftsäule auf 3 Zoll vermindert, so wurde der Ton der Stimmgabel nicht mehr verstärkt, sondern die höhere Octave desselben (der Ton der Luftsäule selbst, wenn sie unmittelbar in Schwingung versetzt wurde) hervorgebracht.

Wheatstone befestigte eine Maultrommel mit den beiden Enden, die gewöhnlich fest an den Zähnen anliegen, doch so, daß die Zunge hinreichenden Raum zu den freiesten Schwingungen hatte, und bewirkte durch Ankleben von etwas Wachs an ihr freies Ende, daß ihr Ton gerade groß C war; welcher Ton von einer am einen Ende verschlossenen, 4 Fuß langen, Röhre hervorgebracht werden kann. Nun brachte er das offene Ende einer 2 Fuß langen, 1 Zoll weiten, am andern Ende durch einen bewegli-

chen Stempel verschlossenen Röhre nahe an die Zunge, so daß die Luftsäule beliebig verkürzt werden konnte. Wurde dann die Zunge angeschlagen, so wurde die Octave ihres Grundtons gehört. Wurde die Luftsäule noch mehr verkürzt, so daß sie nur den dritten, vierten, fünften, sechsten, siebenten Theil u. s. w. von 4 Fuß betrug, so wurden nach und nach alle Töne der Reihe von Schwingungszahlen

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
C	c	g	$\bar{c}$	$\bar{e}$	$\bar{g}$	$\bar{b}$

hervorgebracht. Ist die Länge der Röhre genau eine von den angeführten Längen, so ist der Ton am stärksten, doch hört man ihn auch noch, und zwar von ungeänderter Höhe, aber schwächer, wenn die Luftsäule innerhalb gewisser Gränzen verlängert oder verkürzt wird.

Zu 3). Es sey eine, an einem Ende verschlossene, Röhre doppelt so lang als in dem Falle, wo sie mit der Stimmgabel im Einklang ist. Wenn die in ihr enthaltene Luftsäule unmittelbar in Schwingung versetzt würde, so würde sie um eine Octave tiefer tönen, als die Stimmgabel; hält man aber die Stimmgabel vor ihr offenes Ende, so resonirt dieser tiefere Ton nicht, aber auch kein anderer, weil die Röhre die nächst höhere Octave (den Ton der Stimmgabel) nicht hervorbringen kann, weil sie an einem Ende verschlossen ist.

Zu 4). Wenn zwei Körper zusammen nicht ganz im Einklange tönen, so entstehen periodische Pulsationen, Interferenzen der Schallwellen oder Schwebungen. Diese Schwebungen werden außerordentlich deutlich, wenn man zwei nicht ganz im Einklange befindliche Stimmgabeln vor das offene Ende einer Luftsäule hält, ein Beweis, daß eine und dieselbe Luftsäule Töne von verschiedener Höhe verstärken kann.

Zu 5). Vgl. musikalische Instrumente.

Über Hörbarmachung weit fortgeleiteter Töne durch Resonanz, von Wheatstone *).

Wheatstone hat hierüber folgende Versuche angestellt:

1) Er setzte an die Stelle des Steges bei einem, mit einem Resonanzboden versehenen, Instrumente einen 5 Fuß langen Glasstab und fand, daß der Ton einer isolirten Saite oder Stimmgabel, die man an das Ende des Glasstabes hielt, eben so deutlich gehört (d. h. eben so sehr durch Resonanz verstärkt) wurde, als ob sich der tönende Körper mit dem Klangbrete in unmittelbarer Berührung befände.

2) Ein analoger Versuch wurde in Wheatstone's Auditorium mit einer 40 Fuß langen Stange von Tannenholz angestellt, die sich von der Kuppel des Dachs bis auf den Boden des Zimmers erstreckte. Während man an das untere Ende der Stange keinen Resonanzboden hielt, war auch kein Ton der Stimmgabel (die sich unstreitig am obern Ende be-

*) Fror. Not. Nr. 9 des XXVII. Bandes S. 129.

lein, sobald diese Verbindung eintrat, vernahm man ihn
gboret einer im Auditorium befindlichen Harfe wurde mit
Stabes von Tannenholz mit dem Resonanzboden eines
ppe tiefer befindlichen, Zimmer stehenden Fortepiano's in
icht, wo dann das Spiel des letztern sich dem ersten In-
strum[illegible] auf die allervollkommenste Weise mittheilte. Nach unterbrochener Communication war von den fortgepflanzten Tönen nichts mehr hörbar. Die Fortpflanzung der Töne anderer Saiteninstrumente, z. B. der Harfe, Violine, des Violoncells u. s. w. fand ebenfalls sehr präcis Statt.

IV. Über die Schwing[illegible]setze elastischer Saiten, Stäbe, Memb[illegible]latten, Kugeln.

Die Probleme, welche die [illegible]ungsgesetze dieser Körper betreffen, sind zwar zum Theil schon f[illegible] von mehreren Mathematikern behandelt worden, jedoch in minderer A[illegible]hnung als neuerdings von Poisson und Cauchy *), von deren Leistungen über diese Gegenstände im Allgemeinen wir schon gesprochen haben. Die Resultate der letztern, die übrigens mit den früher erhaltenen übereintreffen, soweit sie dieselben Punkte berühren, sollen hier im Zusammenhange mitgetheilt werden; und zwar werde ich diese Resultate jedesmal zuerst anführen, so weit sie sich bequem ohne Hülfe mathematischer Zeichen ausdrücken lassen, dann die darauf bezüglichen Formeln, endlich die Erfahrungsbelege, in wiefern solche vorhanden sind, dafür mittheilen.

Diese Resultate gelten im Allgemeinen nur für kleine Schwingungen, wie es die Schallschwingungen der Körper sind, unter Vernachlässigung von äußerm Druck und beschleunigenden Kräften, welche auf die schwingenden Körper etwa wirken, und unter Voraussetzung, daß die Anfangsgeschwindigkeit dieser Körper null ist. Die Körper selbst werden stets von homogener Beschaffenheit und gleichförmiger Temperatur vorausgesetzt, doch wird auch der Fall einer aus zwei verschiedenen Theilen bestehenden Saite mit betrachtet werden. Die betrachteten Stäbe werden als sehr dünn in Verhältniß zu ihrer Länge und die Membranen und Platten als sehr dünn zu ihren Länge- und Breite-Dimensionen vorausgesetzt; doch können bei den transversalen und longitudinalen Schwingungen die Stäbe beliebig breit seyn; und zwar bei den transversalen Schwingungen beliebig breit nach der Richtung, welche senkrecht auf der Ebene der Schwingungen ist. (Cauchy

*) Mém. de l'Acad. 1829. T. VIII. p. 357 (Auszug einiger Resultate in Pogg. XIII. S. 369); über die Schwingungen einer aus zwei verschiedenen Theilen bestehenden Saite im Journ. de l'école polyt. Cah. XVIII. p. 442. Cauchy in Ex. de Math. III. und IV.

. III. 245.). Die Saiten und Membranen werden als vollkommen biegsam genommen. Die Spannung der Membranen wird als durch eine Kraft be- -kt angenommen, welche in der Richtung der Ebene der Membran gleich- mig und senkrecht auf ihren ganzen Umfang wirkt. Es ist ferner im lgenden nur von den regelmäßigen Schwingungen der Körper die de, d. h. solchen, welche Töne von einer vergleichbaren Höhe zur Folge ben; wiewohl dieselben Körper mit Ausnahme der homogenen Saiten -ch in andern Fällen, je nachdem sie erschüttert werden, statt regelmäßi- r Töne ein blos verworrenes Geräusch hören lassen können.

Bedeutung der Buchstaben in nachfolgenden Formeln:

die Anzahl longitudinaler Schwingungen, die ein an beiden Enden freier oder an beiden Enden befestigter Stab von der Länge a oder eine dergleichen Saite in der Zeiteinheit vollbringt.

$_1$, N_2, N_3 die Zahl N für den Grundton, zweiten Ton, dritten Ton u. s. f.

' die Zahl der transversalen Schwingungen, die eine Saite oder ein Stab von der Länge a in der Zeiteinheit vollbringt *).

'$_1$, N'_2, N'_3 die Zahl N' für den Grundton, zweiten Ton, dritten Ton u. s. f.

', N''_1, N''_2 u. s. f. gelten eben so für drehende Schwingungen eines Stabes.

die Zahl der longitudinalen Schwingungen von Membranen oder Platten in der Zeiteinheit.

' die Zahl der transversalen Schwingungen von Membranen oder Platten in der Zeiteinheit.

$_1$, M_2, M'_1, M'_2 u. s. f. die Werthe von M und M' respectiv für den Grundton und zweiten Ton.

die Anzahl der Schwingungen einer Kugel in der Zeiteinheit.

eine Zahl, die alle mögliche Werthe von 1 bis ins Unendliche annehmen kann, und die für den Grundton = 1 gesetzt wird, für den zweiten Ton = 2 u. s. f. Mithin entspricht n = 1 immer den Werthen $N = N_1$, $N' = N'_1$ u. s. f.

eine andre Zahl, die alle mögliche Werthe von 1 an bis ins Unendliche machen kann.

$= \frac{p}{g}$ Dichtigkeit des Stabes, der Saite, Membran u. s. f.

das Gewicht eines Stücks des Stabes, der Saite u. s. w. von der Größe der Volumeneinheit (Cubikeinheit).

das Maß der Schwerkraft, für metrische Einheit = 9,8088.

*) N' wird im Folgenden auch für den Fall gebraucht, wo der Stab an -em Ende frei, am andern befestigt ist, während N bei den longitudinalen -chwingungen blos für den Fall gilt, wo der Stab an beiden Enden frei -er befestigt ist.

ng, breit und dick als vorher wird, die Zahl seiner (transversalen, longitudinalen oder drehenden) Schwingungen auf die Hälfte der vorigen herabsinken würde. Dies Gesetz erstreckt sich auch auf Körper, in denen die Elasticität verschieden nach verschiedenen Richtungen ist, so wie auf die Schwingungen einer, in einem begränzten Raume eingeschlossenen, Luftmasse.*) (Cauchy in Mém. de l'Acad. IX. 116).

2) Die Schwingungszahl eines beliebig gestalteten Körpers, welcherlei Schwingungen er auch vollbringen mag, steht im geraden Verhältniß der Quadratwurzel seiner Elasticität, im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzel seiner Dichtigkeit.

3) Ein und derselbe elastische Stab kann auf vier verschiedene Weisen Schwingungen machen:

a) longitudinale Schwingungen, indem sich der Stab in der Richtung seiner Länge ausdehnt und zusammenzieht;

b) normale Schwingungen, indem er sich in der Richtung, welche senkrecht auf seiner Länge ist, ausdehnt und zusammenzieht, anschwillt und sich verdünnt;

c) drehende Schwingungen, indem er sich um seine Axe hin und zurückdreht;

d) transversale Schwingungen, indem er sich hin und her biegt (wie die Saiten bei ihren gewöhnlichen Tonschwingungen). (Poisson in Pogg. XIII. 400).

4) Die Gesetze sowohl der longitudinalen als transversalen Schwingungen von geraden oder krummen Stäben bleiben dieselben, mögen dieselben aus einem nach allen Richtungen gleich elastischen oder einem nach verschiedenen Richtungen verschieden elastischen Stoffe bestehen; nur ist im letztern Fall bei den darüber zu gebenden Bestimmungen allemal die Elasticität, welche nach der Länge des Stabes Statt findet, in Betracht zu ziehen. Hinsichtlich der drehenden Schwingungen aber ergeben sich verschiedene Bestimmungen, je nachdem der Stab aus einem nach allen Richtungen gleich oder nicht gleich elastischen Körper herausgeschnitten ist. (Cauchy Exerc. IV. 28. 29. 46. 62).

Longitudinale Schwingungen von Saiten und Stäben **).

5) Eine durch ein Gewicht oder eine sonstige Kraft gespannte Saite und ein gerader Stab, der sich durch seine eigene Steifigkeit gespannt erhält, stimmen in den Gesetzen der longitudinalen Schwingungen mit

*) Im Fall beschleunigende Kräfte, welche nicht vernachlässigt werden können, auf den Körper wirkten, würde das obige Gesetz nur unter der Voraussetzung gültig sein, daß diese dabei sich im umgekehrten Verhältnisse als die Dimensionen des Körpers ändern.

**) Cauchy in s. Exerc. III. p. 270. 273.; IV. 20. Poisson in Mém. de l'Acad. VIII. 426. 452.

d) Der zweite Ton des Viertelkreises ist um eine Octave höher als er erste Ton des Achtelkreises,

u. s. f. (Cauchy Exerc. III. p. 285.) (Vgl. die Belege).

9) Wenn eine Saite oder ein Stab an beiden Enden befestigt ist, so lt sie (er) sich in 1, 2, 3..... oder überhaupt n gleiche schwingende Abungen, je nachdem sie den Grundton, den zweiten, dritten oder überupt nten ihrer möglichen longitudinalen Töne giebt. Ist der Stab beiden Enden frei, so theilt er sich 2, 3, 4... oder überhaupt n + 1 wingende Abtheilungen, je nachdem er den Grundton, zweiten, dritten er überhaupt nten seiner Töne giebt. Diese Abtheilungen sind ebenfalls mtlich einander gleich, bis auf die beiden äußersten, deren jeder bloß halbe Größe der übrigen hat. Diese Bestimmungen gelten ebensowohl gerade als kreisförmig gebogene Stäbe (Mém. de l'Acad. VIII. p. 439. Cauchy Exerc. III. 268. 326.)

10) Die longitudinalen Schwingungen der geraden und kreisförmig gen Stäbe (aber nicht der Saiten) sind stets von normalen Schwinngen gleicher Dauer begleitet, indem der Stab an seinen verschiedenen llen abwechselnd anschwillt und sich verdünnt. Die Schwingungsknoo, welche diesen normalen Schwingungen entsprechen, liegen in der Mitte schen denen, welche den longitudinalen Schwingungen zugehören (Poisn in Mém. de l'Acad. VIII. p. 453. Cauchy Exerc. III. 326).

Formeln für die longitudinalen Schwingungen von Saiund Stäben. Für eine homogene Saite oder einen geraden ab von beliebigem Querschnitt, der an beiden Enden frei oder beiden Enden befestigt ist:

$$N = \frac{n\,\Omega}{2a} = \frac{n}{2a}\sqrt{\frac{5k}{2\varrho}} \qquad (1)$$

$$N_1 = \frac{\Omega}{2a} = \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{5k}{2\varrho}} \qquad (2)$$

Für einen geraden Stab, der an einem Ende frei, am andern Ende stigt ist:

$$N = \frac{(2n-1)\,\Omega}{a}$$

$$N_1 = \frac{\Omega}{a}$$

Für eine Saite, die ihrer Länge nach aus zwei verschiedenen eilen von der Länge a und a′ und dem Gewicht P und P′ zusamngesetzt ist, läßt sich N finden, wenn man im Werthe von N′ (For(7)) in Q und Q′ (Formel (9)) für τ respectiv substituirt

$$\tau\sqrt{\frac{a}{\alpha}} \text{ und } \tau\sqrt{\frac{a'}{\alpha'}}$$

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]		
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Erfahrungsbelege zu Satz 3) und Formeln (B). [illegible]

[Sta]bes, welche in Satz 8) und durch die Formeln (4) ausgesprochen sind, [w]erden durch folgende Versuche Savart's *) bestätigt.

Zwei parallelepipedische Stäbe von Messing, deren Längen respectiv [0^m],8225 und 1^m,657 waren, wurden successiv so gebogen, daß jeder a) [ein]en halben Viertelkreis, b) einen Viertelkreis darstellte; darauf die Art [S]chwingungen, welche den longitudinalen in geraden Stäben entspricht, [r]ein hervorgebracht, und zwar ihr Grundton.

Der Werth von $\frac{\Omega}{2a}$, welcher in die Formeln (3) und (4) eingeht, [w]ar durch directen Versuch**) für den größern Stab = 2135,33... gefun[de]n worden und war mithin für den kleinern = 4297,79....

Nun ergab die Beobachtung folgende Werthe von N_1:

a) für den Stab von 1,657 Meter Länge, wenn er so gebogen wurde, daß er successiv $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{4}$ Kreis darstellte:

$$N_1 = 2211,84\ldots \text{ und } N_1 = 2400;$$

b) für den Stab von 0,8225 Meter Länge, bei denselben Biegungen:

$$N_1 = 4423,68\ldots \text{ und } N_1 = 4800,$$

[D]ie so erhaltenen 4 Werthe von N_1 sind respectiv gleich:

$$N_1 = (1,036..)\ \frac{\Omega}{2a};\ N_1 = (1,125...)\ \frac{\Omega}{2a}$$

$$N_1 = (1,029...)\ \frac{\Omega}{2a};\ N_1 = (1,1168...)\ \frac{\Omega}{2a}$$

Es unterscheiden sich aber die Zahlencoefficienten dieser Werthe sehr [w]enig von folgenden zwei, welche sie nach der Tabelle darbieten sollten:

$$\frac{\sqrt{17}}{4} = 1,0307\ldots \text{ und } \frac{\sqrt{5}}{2} = 1,1180\ldots$$

Nachdem der Werth von N_1, welcher dem Grundton des zu $\frac{1}{4}$ Kreis [geb]egenen, längeren Stabes entspricht, gefunden war, wurde auch der [z]weite und dritte Ton bestimmt. Es ergaben sich durch den Versuch als [Z]ahlencoefficienten von $\frac{\Omega}{2a}$ die Zahlen 2 und 3, welches von den, nach [de]r Tabelle gefoderten,

$$\frac{\sqrt{65}}{4} = 2,015\ldots \text{ und } \frac{\sqrt{145}}{4} = 3,010\ldots$$

[ni]cht merklich abweicht.

Transversale Schwingungen von Saiten und geraden pa[ra]llelepipedischen Stäben***).

*) Cauchy III. p. 388.

**) d. h. durch Bestimmung der Anzahl longitudinaler Schwingungen, wenn [der] Stab gerade war.

***) Poisson in Mém. de l'Acad. VIII. p. 422. 442. J. de l'école polyt. [C]. XVIII. p. 442. Cauchy in s. Exerc. III. p. 287. 358.; IV. 29.

nhöhe einer transversalschwingenden homogenen Saite ver-
rt wie ihr Durchmesser, umgekehrt wie ihre Länge, direct
wurzel des Gewichts, womit sie gespannt ist. Der Grund-
salschwingenden Saiten ist gleich dem Grundton derselben
ngenden Saite, wenn man letztere mit der Quadratwur-
ältnisses multiplicirt, um welches die ursprüngliche Länge der
Saite h das spannende Gewicht vergrößert wird (Mém. p. 437). Eine
Bewährung für letzten Umstand s. unter den Belegen.

12) Wenn bei einer Saite, die der Länge nach aus zwei verschiedenen Theilen besteht, ein solches Verhältniß Statt findet, daß das Product aus der Länge in das Gewicht des einen Theils gleich ist dem Product aus der Länge in das Gewicht des andern Theils, so macht die Saite ebensowohl gleiche und isochronische Erschütterungen, wie sie auch anfänglich erschüttert worden sein möge, als wenn sie bloß aus Einer Materie bestände, und ihre Schwingungszahl ist dieselbe, als die Schwingungszahl einer homogenen Saite von derselben Materie und der doppelten Länge als einer ihrer Theile. Findet ein anderes Verhältniß zwischen beiden Theilen der Saite Statt, so wird die Saite, wenn sie auf willkürliche Weise erschüttert wird, im Allgemeinen keine regelmäßigen Töne, sondern nur ein verworrenes Geräusch hören lassen; doch werden bei besonderen Erschütterungsarten auch regelmäßige Töne mit Schwingungsknoten entstehen können, deren Reihenfolge aber eine andere als die der natürlichen Zahlen ist. Sie werden durch eine weiterhin anzuführende Gleichung bestimmt. (Dieser Satz gilt auch für die longitudinalen Schwingungen einer solchen Saite).

13) Die Tonhöhe eines Stabes, sei er nun parallelepipedisch oder cylindrisch, an einem Ende oder an beiden Enden befestigt oder frei, verhält sich umgekehrt, wie das Quadrat der Länge, direct wie die Dicke.

14) Die Tonhöhe eines parallelepipedischen Stabes verhält sich zu der eines cylindrischen Stabes, wenn die Dicke des ersten gleich dem Radius des zweiten ist $= 1 : \frac{\sqrt{3}}{2}$, vorausgesetzt, daß die Befestigungsart der Enden und sonstige Umstände bei beiden gleich sind.

15) Die Schwingungszahl des transversalen Grundtons eines cylindrischen Stabes verhält sich, wenn er an beiden Enden frei oder an beiden Enden befestigt ist, zur Schwingungszahl des longitudinalen Grundtons desselben Stabes, oder auch eines andern Stabes oder selbst einer Saite von gleicher Länge, Materie und Dichtigkeit, während Dicke und Gestalt der Querschnitte verschieden sein können, wie der mit 3,5608 multiplicirte und mit der Länge des Stabes dividirte Radius des Stabes zu 1.

16) Die Schwingungszahl des transversalen Grundtons eines an beiden Enden freien oder befestigten cylindrischen Stabes verhält sich zum transversalen Grundtone eines an einem Ende freien, am andern befestigten cylindrischen Stabes wie 1,0000 : 0,1572. (S. die Belege).

17) Die Schwingungszahl des transversalen Grundtons eines parallepipedischen Stabes verhält sich, wenn er an beiden Enden frei oder an [b]eiden Enden befestigt ist, zur Schwingungszahl des longitudinalen Grundt[o]ns desselben Stabes, wie die mit 2,055838 multiplicirte, und mit der [L]änge des Stabes dividirte, Dicke des Stabes zu 1. (S. die Belege.)

18) Die Schwingungszahl des transversalen Grundtons eines an bei[de]n Enden freien oder an beiden Enden befestigten parallelepipedischen Sta[be]s verhält sich zum transversalen Grundton eines an einem Ende freien, [a]m andern Ende befestigten Stabes ebenfalls wie 1,0000 zu 0,1572.

19) Wenn man einen Stab, der gleich breit als dick ist und nach der [R]ichtung der Breite und der Dicke ungleiche Elasticität besitzt, einmal nach [de]r Richtung der Breite, das andere mal nach der Richtung der Dicke [tr]ansversal schwingen läßt, so wird er in diesen beiden Fällen dennoch [ei]ne ganz gleiche Schwingungszahl haben, indem, wie S. 267 erwähnt, [di]e Schwingungszahl bloß von der Elasticität nach der Richtung der Länge [ab]hängt (Cauchy Exerc. IV. 29).

20) Die Reihenfolge der Töne, welche ein an beiden Enden freier [o]der an beiden Enden befestigter cylindrischer oder parallelepipedischer Stab [h]ervorzubringen vermag, verhält sich merklich wie die Reihenfolge der Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9...., so daß, wenn die Schwingungszahl des Grundtons durch 9 ausgedrückt wird, die des zweiten Tons merklich durch [2]5 ausgedrückt werden kann u. s. f.*) (Mém. p. 385).

21) Die Reihenfolge der Töne, welche ein an einem Ende freier, am andern befestigter cylindrischer oder parallelepipedischer Stab hervorzubringen vermag, verhält sich, jedoch erst vom zweiten Tone an, eben[fa]lls wie die Reihe der Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9...... Der erste [T]on zum zweiten aber steht im Verhältniß von 1 : 6,3124, d. i. ziemlich [w]ie das Quadrat von 2 zum Quadrat von 5 (Mém. p. 486).

Formeln für transversale Schwingungen von Saiten [u]nd Stäben. Für eine, durch das Gewicht τ gespannte, homogene [S]aite vom Querschnitt ω, der Länge a und dem Gewichte P:

$$N' = \frac{n}{2a}\sqrt{\frac{\tau}{\varrho\,\omega}} = \frac{n}{2}\sqrt{\frac{g\,\tau}{a\,P}} = n N_1 \sqrt{\frac{\alpha}{a}} \qquad (5)$$

$$N_1' = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau}{\varrho\,\omega}} = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{g\,\tau}{a\,P}} = N_1 \sqrt{\frac{\alpha}{a}} \qquad (6)$$

(Mém. p. 437; Erfahrungsbelege s. S. 276).

Für eine, durch ein Gewicht τ gespannte, Saite, die (der Länge [na]ch) aus zwei verschiedenen Theilen respectiv von der Länge a [un]d a′ und dem Gewicht P und P′ besteht:

*) Selbst für den Grundton nämlich kann der im Zusatz zu Ende dieses [Ar]tikels bestimmte Werth von δ ziemlich vernachlässigt werden.

Nach Savart:

	N_1' nach der Beobachtung.	N_1' nach der Berechnung.
Par. von Messing a = $\frac{1}{8}$ (0m,825) h = 3mm,92, N_1 = 34133	2667	2668
Cyl. von Messing a = $\frac{1}{8}$ (0m,825 h = 4m,8, N_1 = 34133	2844	2829
Cyl. von Kupfer a = $\frac{1}{8}$ (0m,825) h = 3mm,4, N_1 = 36864	2133	2164
Cyl. von Eisen a = $\frac{1}{8}$ (0m,88) h = 5mm, N = 45514	3686	3683
Par. von Glas a = $\frac{1}{8}$ (0m,967) h = 6mm,4, N_1 = 42667	4608	4645
Par. von Glas a = $\frac{1}{8}$ (0m,967) h = 2mm,6, N = 42667	1843	1887
Par. von Holz (hêtre) a = $\frac{1}{8}$ (0m,8925) h = 2mm,8, N = 40960	2048	2114

Bei den fünf ersten Versuchen sind die Unterschiede zwischen der Rechnung und Beobachtung sehr unbeträchtlich, indem der größte nicht bis zum $\frac{1}{70}$ Theil des berechneten N_1' steigt. Beim sechsten ist der Unterschied etwas größer, aber dennoch steigt er nicht bis zum $\frac{1}{40}$ Theil von N_1'. Man kann diesen Umstand vielleicht Ungleichheiten der Dicke beimessen, welche hier den größten Einfluß gewinnen mußten, weil der bei diesen Versuchen angewandte Stab der dünnste unter den übrigen war. Da die Substanz, die Gestalt und die Länge dieselben waren, als beim fünften Versuch, so müssen die Werthe von N' proportional den Dicken sein, und dies giebt, nach Ableitung aus dem Resultate des fünften Versuches, 1872 für den sechsten Werth von N_1', welche Zahl nur um $\frac{1}{120}$ von der durch Rechnung gefoderten 1887 abweicht. Am größten ist der Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung beim siebenten Versuche, indem er hier auf $\frac{1}{32}$ von N_1' steigt. Man bemerkt endlich, daß in den beiden ersten Versuchen die Länge a und die Substanz des Stabes gleich war, und daß also die Zahl N_1' der transversalen Schwingungen in beiden Fällen proportional sein würde der Dicke h, wenn der Stab dieselbe Form gehabt hätte. Der zweite Werth von N_1', aus dem ersten abgeleitet, würde dann 3265 sein, statt 2844, wie ihn die Beobachtung gegeben hat. Der Unterschied, welcher zwischen beiden Zahlen da ist, zeigt deutlich den Einfluß der Form des

9) Die Zahl der longitudinalen Schwingungen einer Scheibe steht im ...kehrten Verhältnisse ihres Radius und ist unabhängig von ihrer Dicke ...hrer Spannung.

10) Der erste Ton zum zweiten Ton einer am Rande befestigten Scheibe ...Membran verhält sich wie 1 : 1,87.

Der erste Ton zum zweiten Ton einer am Rande freien Scheibe ver...ich wie 1 : 4,05.

Der erste Ton einer am Rande befestigten Scheibe verhält sich zum ...Ton einer am Rande freien Scheibe wie 2,88 : 1.

11) Der erste Ton einer Membran oder Scheibe ist von keiner Kno...ie begleitet, mag ihr Rand befestigt oder frei sein, wenn man nicht ...n befestigten Rande selbst mitrechnen will.

Der zweite Ton ist in beiden Fällen von einer Knotenlinie begleitet, ... liegt in einer Entfernung vom Mittelpunkte, welche bei der am ...e befestigten Scheibe 0,53 und bei der am Rande freien Scheibe 0,71 ...Radius beträgt, mithin im ersten Falle etwas über die Hälfte, im ...n etwas weniger als drei Viertel des Radius von dem Mittelpunkte ...nt liegt.

Allgemein ist der (n + 1)te Ton der Membran oder Scheibe von n ...enlinien begleitet, mag die Scheibe am Rande frei oder befestigt sein, ... man die im befestigten Rande selbst Statt findende Knotenlinie nicht ...chnet.

Formeln für die Longitudinalschwingungen von kreisrun... Membranen und Scheiben.

Wenn der Umkreis befestigt ist:

$$M = \frac{\mu}{2\pi a}\sqrt{\frac{8k}{3\varrho}} \qquad (32)$$

Wenn der Umkreis frei ist:

$$M = \frac{\mu'}{2\pi a}\sqrt{\frac{8k}{3\varrho}} \qquad (33)$$

...μ stellt alle mögliche reale Wurzeln folgender Gleichung *) dar, ... $4x = \mu^2$

$$1 - \frac{x}{2} + \frac{x^2}{3(1.2)^2} - \frac{x^3}{4(1.2.3)^2} + \frac{x^4}{5(1.2.3.4)^2} - \text{etc.} = 0 \qquad (34)$$

Die beiden kleinsten Werthe sind $x = 3,55$, $x = 12,41$, mithin ... $= 3,77$ und $\mu = 7,05$.

*) Sie ist aus nachstehender entwickelt:

$$\int_0^{\pi} \cos(\lambda \cos\omega)\sin^2\omega\, d\omega = 0$$

(Mém. p. 501).

μ' stellt alle mögliche positive reale Wurzeln folgender Gleichung *) dar, worin $4\,x' = \mu'^2$

$$1 - x' + \frac{x'^2}{(1.2)^2} - \frac{x'^3}{(1.2.3)^2} + \frac{x'^4}{(1.2.3.4)^2} - \text{etc.}$$
$$- \tfrac{1}{2}\left(1 - \frac{x'}{2} + \frac{x'^2}{3\,(1.2)^2} + \frac{x'^3}{4(1.2.3)^2} + \frac{x'^4}{5\,(1.2.3.4)^2} - \text{etc.}\right) = 0 \qquad (35)$$

Hiervon sind die beiden kleinsten Werthe:

$x' = 0{,}46$; $x' = 7{,}04$, mithin

$\mu' = 1{,}31$; $\mu' = 5{,}31$.

Transversale Schwingungen einer kreisrunden, sehr dünnen, vollkommen biegsamen Membran vom Radius a, die am Rande gleichförmig durch ein Gewicht τ gespannt ist**)

32) Die Tonhöhe einer kreisrunden Membran verhält sich direct wie die Quadratwurzel des spannenden Gewichts, umgekehrt wie die Quadratwurzel ihres eigenen Gewichts, und bleibt constant, wie auch die Größe der Oberfläche und Dicke sich ändern möge, so lange das Gewicht constant bleibt.

33) Der Grundton einer kreisförmigen Membran verhält sich zum zweiten Tone derselben = 2,4074 : 5,5225 d. i. = 1 : 2,2966. Die hohen Töne schreiten nach dem Verhältniß der Werthe von m + ¼ fort, wenn man in den Werth m successiv alle ganzen Zahlen (von höhern an) substituirt.

34) Die Zahl der kreisförmigen Knotenlinien einer kreisrunden Membran für den (n + 1)ten Ton ist gleich n, wenn man von der, im eingespannten Umfange liegenden, Knotenlinie absieht. Sonach entspricht dem Grundtone keine Knotenlinie, dem zweiten Tone eine einzige. Der Abstand dieser Knotenlinie vom Mittelpunkte beträgt $\frac{2{,}4047}{5{,}5225}$, d. i. 0,4347 des Radius.

Formeln:

$$M' = \frac{\mu}{2\pi a}\sqrt{\frac{\tau}{\varrho h}} = \frac{\mu}{2}\sqrt{\frac{\tau g}{\pi P}} \qquad (36)$$

Hierin bedeutet μ alle mögliche Wurzeln folgender Gleichung ***), worin $\mu^2 = 4\,y$.

*) Sie ist aus folgender entwickelt:

$$\int_0^\pi \cos(\lambda' \cos\omega)\,(\tfrac{1}{4}\sin^2\omega + \cos^2\omega)\,d\omega = 0$$

(Mém. p. 502).

**) Poisson in Mém. de l'Acad. VIII. 521.

***) Sie ist aus folgender entwickelt:

$$-y+\frac{y^2}{(1.2)^2}-\frac{y^3}{(1.2.3)^2}+\frac{y^4}{(1.2.3.4)^2}-\text{etc.}=0\ (37)$$

Als angenäherte Werthe für die kleinsten Wurzeln findet man

$y = 1{,}4457$; $y = 7{,}6243$, mithin

$\mu = 2{,}4047$; $\mu = 5{,}5225$,

ich die beiden tiefsten Töne der kreisförmigen Membran sind:

$$M_1' = 0{,}6784 \sqrt{\frac{\tau g}{P}} \text{ und}$$

$$M_2' = 1{,}5561 \sqrt{\frac{\tau g}{P}}$$

Transversale Schwingungen quadratischer und rechtzer Membranen, am Rande gleichförmig durch ein Geıt gespannt *).

35) Die Tonhöhe einer rechteckigen Membran verhält sich direct wie Quadratwurzel des spannenden Gewichts, umgekehrt wie die Quadratel ihres eigenen Gewichts, und bleibt constant, wie auch die Größe Oberfläche und Dicke sich ändern möge, so lange das Gewicht conbleibt.

36) Wenn sich beide Dimensionen der rechteckigen Membran in glei Verhältnisse ändern, so ändert sich die Tonhöhe im umgekehrten Verisse hiervon, so daß, wenn z. B. eine rechteckige Membran dreimal ng und dreimal so breit als vorher wird, ihre Tonhöhe auf das Drit er frühern herabkömmt. Das Verhältniß ihrer Tonfolge und die Art, ie sich durch Knotenlinien abtheilt, bleibt aber dadurch ungeändert.

37) Bei gleicher Größe hat eine rechteckige Membran dann den klein Grundton, wenn ihre beiden Dimensionen einander gleich werden, sie in quadratisch ist.

$$\int_0^\pi \cos(\mu \cos\omega)\, d\omega = 0 \text{ (Mém. p. 520)},$$

Berücksichtigung, daß

$$\int_0^\pi \cos^{2m}\omega\, d\omega = \frac{(1.3.5\ldots\ldots 2m-1)\,\pi}{2^m\,(1.2.3\ldots m)}$$

ı eine beliebige ganze positive Zahl bedeutet.

Für sehr große Werthe von μ läßt sich der in Rede stehenden Gleichung, Poisson anderwärts (J. de l'école polyt. cah. XIX. p. 349) gezeigt hat, ıde substituiren:

$$\cos\lambda + \sin\lambda = 0$$

es giebt

$$\lambda = m\pi + \frac{\pi}{4}$$

*) Poisson in Mém. de l'Acad. VIII. p. 515

…nsversale Schwingungen quadratischer Membranen.

…er Grundton einer quadratischen Membran verhält sich …
…iner kreisrunden Membran bei gleichem Gewichte derselben …
… wonach der letztere Ton ungefähr um $\frac{1}{11}$ tiefer als der erst…

…ein habe eine Reihe rechteckiger Membranen von der constan… Breite 1, deren Längen respectiv sind

1, 2, 3, 4, 5, 6, …… n;

ihre Grundtöne werden sich respectiv zu einander verhalten wie die Quadr… wurzeln folgender Zahlen:

$$\frac{2}{1},\ \frac{5}{4},\ \frac{10}{9},\ \frac{17}{16},\ \frac{26}{25},\ \frac{37}{36} \text{——} \frac{n^2 + 1}{n^2}$$

Allgemein verhält sich der Grundton einer rechteckigen Membran wi… Quadratwurzel aus dem Quotienten, welchen man erhält, wenn ma… Summe der Quadrate von Breite und Länge mit dem Producte b… Quadrate dividirt (d. i. wie

$$\sqrt{\frac{b^2 + l^2}{b^2 l^2}}$$

wenn b die Breite, l die Länge).

40) Die successiven Töne einer quadratischen Membran verhalten … wie die Quadratwurzeln folgender Zahlen:

2, 5, 8, 10, 13, 17, 18, 20, 25, 26, 29, 32….

welche Zahlen man erhält, wenn man in $m^2 + n^2$ für m und n fu… alle ganzen Zahlen substituirt.

Die successiven Töne einer rechteckigen Membran, die noch einm… lang als breit ist, verhalten sich wie die Quadratwurzeln folgender Zah…

5, 8, 9, 12, 13, 17, 20, 24, 29, 33, 37, 40, 44, 45, …

welche Zahlen man erhält, wenn man in $m^2 + 4n^2$ für m und n fu… sio alle ganzen Zahlen substituirt.

Allgemein: die successiven Töne einer rechteckigen Membran, die … so lang als breit ist, verhalten sich wie die Quadratwurzeln der … welche man erhält, wenn man in $m^2 + x^2 n^2$ für m und n alle ga… Zahlen substituirt.

41) Wenn eine rechteckige Membran sehr viel länger als breit ist… ist ihre Tonhöhe unabhängig von der Länge, steht im umgekehrten … hältniß der Breite, und ihre Tonreihe folgt der Reihe der natürlichen … len von 1 an.

(über die Knotenlinien s. Klangfiguren).

Formeln für die Transversalschwingungen einer r… eckigen Membran von der Länge l, der Breite b, gesp… durch das Gewicht r.

$$M' = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m^2 b^2 + n^2 l^2)\, r}{b^2 l^2 \varepsilon \varrho}}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m^2 b^2 + n^2 l^2) \tau g}{l b P}} \qquad (38)$$

$$M_1' = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(b^2 + l^2) \tau}{b^2 l^2 \varepsilon \varrho}} \qquad (39)$$

Für eine quadratische Membran von der Seite b und Dicke ε

$$M' = \frac{1}{2b} \sqrt{\frac{(m^2 + n^2) \tau}{\varrho \varepsilon}} \qquad (40)$$

$$M_1' = \frac{1}{b} \sqrt{\frac{\tau}{2 \varrho \varepsilon}} \qquad (41)$$

Für eine rechteckige Membran, deren Breite b sehr klein gegen Länge l ist:

$$M' = \frac{n}{2b} \sqrt{\frac{\tau}{\varepsilon \varrho}} \qquad (42)$$

$$M_1 = \frac{1}{2b} \sqrt{\frac{\tau}{\varepsilon \varrho}} \qquad (43)$$

Die Formeln für Bestimmung der Klangfiguren werden in dem Arti für die Klangfiguren angeführt werden.

Transversale Schwingungen kreisförmiger, dünner, rer Scheiben (Platten), die nach allen Richtungen gleich stisch sind *).

42) Die Schwingungen verhalten sich verschieden, je nachdem die eibe am Rande bloß vertical angestemmt, ganz frei oder unveränder befestigt ist. Jedenfalls aber steht die Schwingungszahl im umgekehr Verhältnisse des Quadrates des Radius und im geraden Verhältnisse Dicke der Scheibe.

43) Der Grundton zum zweiten Tone verhält sich:

a) im Fall der Rand vertical angestemmt ist:
= 4,8591 : 29,67 oder = 1 : 6,161;

b) im Fall der Rand ganz frei ist:
= 8,8897 : 38,36 oder = 1 : 4,316;

c) im Fall der Rand unveränderlich befestigt ist:
= 10,2156 : 39,59 oder = 1 : 3,875.

Die Grundtöne der drei Fälle a), b), c) verhalten sich respectiv zu nder

= 4,8591 : 8,8897 : 10,2156 d. i. = 1 : 1,879 : 2,102

zweiten Töne

= 29,67 : 38,36 : 39,59 = 1 : 1,289 : 1,334

*) Mém. de l'Acad. VIII. p. 545.

44) Das Product aus der Schwingungszahl des transversalen Grundtons einer am Rande freien Scheibe, in den Radius der Scheibe ist gleich dem Product aus der Schwingungszahl des longitudinalen Grundtons eines an beiden Enden freien, cylindrischen Stabes, dessen Länge gleich dem Durchmesser der Platte ist, in den 1,6875fachen Durchmesser des Stabes, oder es ist

$$M = (1{,}6875) \frac{h}{a} N,$$

wenn M die in Rede stehende Schwingungszahl der Scheibe, N die des Stabes, h der Durchmesser des Stabes, a der Radius der Scheibe = der halben Länge des Stabes ist (Mém. p. 566).

45) Die Knotenlinien der kreisförmigen Scheibe sind um den Mittelpunct der Platte concentrische Kreise. Sie sind unabhängig von Materie und Dicke jeder Scheibe, sie sind dem Durchmesser derselben direct proportional und hängen außerdem davon ab, ob und wie der Rand befestigt ist (Mém. p. 568).

46) Wenn die Scheibe am Rande unveränderlich befestigt oder bloß vertical angestemmt ist, so fällt für den Grundton keine Knotenlinie innerhalb der Platte, für den zweiten Ton eine einzige kreisförmige, deren Abstand vom Mittelpuncte im Fall der unveränderlichen Befestigung 0,381, im Fall der bloßen Anstemmung 0,441 des Radius beträgt. Ist aber der Rand der Platte ganz frei, so ergiebt sich für den ersten Ton eine kreisförmige Knotenlinie, die um 0,6806 des Radius vom Mittelpuncte entfernt liegt, für den zweiten Ton zwei Knotenlinien, deren Entfernung vom Mittelpuncte respectiv 0,3915 und 0,835 des Radius beträgt. (Vergl. die Belege).

Formeln für kreisförmige Scheiben oder Platten.

a) Wenn die Scheibe am Rande unveränderlich befestigt ist:

$$M' = \frac{\mu^2 h}{6 \pi a^2} \sqrt{\frac{2k}{\varrho}} \qquad (44)$$

Hierin bedeutet μ alle möglichen Wurzeln folgender Gleichung, worin $\mu^2 = 4x$

$$\left(1 + x + \frac{x^2}{(1.2)^2} + \frac{x^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 - \frac{2x}{(1.2)^2} + \frac{3x^2}{(1.2.3)^2} - \frac{4x^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right)$$
$$+ \left(1 - x + \frac{x^2}{(1.2)^2} - \frac{x^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 + \frac{2x}{(1.2)^2} + \frac{3x^2}{(1.2.3)^2} + \frac{4x^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right) = 0 \qquad (44 \text{ bis})$$

oder durch Ausführung der Multiplication und Reduction:

$$1 - \frac{x^2}{6} + \frac{x^4}{480} - \frac{x^6}{181440} + \frac{x^8}{209018880} - \text{etc.} = 0$$

Als Näherungswerthe der kleinsten Wurzeln ergeben sich

$x^2 = 6{,}5227$; $x^2 = 98$, mithin

$\mu^2 = 10{,}2156$; $\mu^2 = 39{,}59$,

wonach sich die beiden tiefsten Töne der Platte wie diese Zahlen, d. i. nahe wie 1 : 4 verhalten (Mém. p. 560).

b) Wenn sie am Rande bloß vertical angestemmt ist.

$$M' = \frac{\mu'^2 h}{6 \pi a^2} \sqrt{\frac{2k}{\varrho}} \tag{45}$$

Hierin bedeutet μ' alle mögliche Wurzeln folgender Gleichung, worin $\mu'^2 = 4x'$

$$1 = \frac{x'^2}{2} + \frac{x'^4}{96} - \frac{x'^6}{23224320} - \text{etc.}$$

$$- 4\left(1 - \frac{x'^2}{6} + \frac{x'^4}{480} - \frac{x'^6}{181440} + \frac{x'^8}{209018880} - \text{etc.}\right) = 0 \tag{45 bis}$$

Als Annäherungswerthe der kleinsten Wurzeln ergeben sich

$x'^2 = 1{,}4761$; $x'^2 = 55$, mithin

$\mu'^2 = 4{,}8591$; $\mu'^2 = 29{,}67$,

wonach sich die beiden tiefsten Töne der Platte nahe wie letztere Zahlen verhalten werden (Mém. p. 565).

c) Wenn sie am Rande ganz frei ist:

$$M' = \frac{\mu''^2 h}{6 \pi a^2} \sqrt{\frac{2k}{\varrho}} \tag{46}$$

Hierin bedeutet μ''^2 alle mögliche Wurzeln einer Gleichung, deren zwei kleinste Wurzeln zu Näherungswerthen haben:

$\mu''^2 = 8{,}8897$; $\mu''^2 = 38{,}36$ (Mém. p. 566).

Die Formeln für Bestimmung der Knotenlinien s. in dem Artikel über die Klangfiguren.

Schwingungen einer an der Oberfläche freien, nach allen Richtungen gleich elastischen, Kugel *).

Die Schwingungen werden als in der Richtung der Radien der Kugel vor sich gehend angenommen, in der Art, daß der Bewegungszustand der Kugel in gleichen Entfernungen vom Mittelpuncte überall gleich sei.

47) Die Tonhöhe zweier Kugeln steht im umgekehrten Verhältnisse ihrer Radien. Der Grundton verhält sich zum zweiten Ton = 2,56334 : 6,05973 d. i. = 1 : 2,364.

*) Mém. de l'Acad. VIII. p. 419.

wo i alle Werthe von ganzen Zahlen mit Einschluß von Null annehmen kann, wo δ eine neue auf nachgehends anzugebende Art zu bestimmende Unbekannte, kleiner als $\frac{\pi}{2}$ ist, und wo das obere oder untere Zeichen von δ genommen wird, je nachdem i eine gerade oder ungerade Zahl ist.

Durch Substitution dieser Werthe von λ und λ' in (e) und (i) verwandeln sich diese Gleichungen *) respectiv in

$$\sin\delta = \frac{2}{e^{\frac{1}{2}(2i+1)\pi} e^{\mp\delta} + e^{-\frac{1}{2}(2i+1)\pi} e^{\pm\delta}} \quad (e')$$

$$\sin\delta = \frac{2}{e^{\frac{1}{2}(2i+1)\pi} e^{\pm\delta} + e^{-\frac{1}{2}(2i+1)\pi} e^{\mp\delta}} \quad (i')$$

Suchen wir nun zuvörderst den Werth von δ für Gleichung (e').

Für i = o geschieht der Gleichung (e') Genüge, wenn man setzt $\delta = \frac{\pi}{2}$; da aber dies giebt λ = o, so wird dieser Werth bei Seite gelassen. Für i = 1 findet man δ = 0,01797, wenn man Behufs einer ersten Annäherung in (e') setzt $e^{\mp\delta} = 1$; und substituirt man dann zu genauerer Annäherung diesen Werth von δ in $e^{\mp\delta}$, so führt (e') zu folgendem Werthe:

$$\delta = 0{,}01764$$

Die Werthe von δ, welche sich auf i = 2, = 3 u. s. f. beziehen, sind noch kleiner als vorstehende, so daß δ hier merklich vernachlässigt werden kann.

Solchergestalt haben wir für i = 1, d. i. für den ersten Ton:

$$\lambda = \frac{3\pi}{2} + \delta = \frac{3\,(3{,}1415926\ldots)}{2} + \delta = 4{,}73003\ldots.$$

und für den 2ten, 3ten, 4ten, nten Ton merklich

$$\lambda = \frac{5\pi}{2},\ \lambda = \frac{7\pi}{2},\ \lambda = \frac{9\pi}{2},\ \lambda = \frac{(2n+1)}{2}\pi$$

Suchen wir jetzt den Werth von δ für Gleichung (i'). Man findet nach einigen Versuchen für i = o mit hinreichender Annäherung:

$$\delta = 0{,}3048$$

*) Unter der Berücksichtigung, daß $\cos\lambda = \cos\left(\frac{(2i+1)}{2}\pi \mp \delta\right) = \pm\sin\delta$. In der That, setzen wir der Kürze halber $\frac{(2i+1)\pi}{2} = u$, so ist nach der bekannten Formel

$$\cos\lambda = \cos u \cos\delta \pm \sin u \sin\delta$$

es ist aber $\cos u = 0$, $\sin u = 1$, weil u alle mögliche ungerade Multipla von $\frac{\pi}{2}$ repräsentirt.

Der kleinste Werth von λ' wird also sein

$$\lambda' = \frac{\pi}{2} + \delta = 1{,}8756$$

Die Werthe von δ für $i = 1, = 2, = 3$ u. s. f. sind so klein, um merklich vernachlässigt werden zu können, so daß man merklich für den 2ten, 3ten, 4ten, nten Ton findet:

$$\lambda' = \frac{3\pi}{2},\ \lambda' = \frac{5\pi}{2},\ \lambda' = \frac{7\pi}{2},\ \lambda' = \frac{(2n-1)\pi}{2}$$

Cauchy findet die Werthe von λ oder λ', welche dem Grundtone entsprechen, in Gleichung (e) und (i) folgendergestalt (Exerc. III. p. 270). Man ersetze $\cos\lambda$ und $\cos\lambda'$ respectiv durch

$$\frac{e^{\lambda\sqrt{-1}} + e^{-\lambda\sqrt{-1}}}{2} \text{ und } \frac{e^{\lambda'\sqrt{-1}} + e^{-\lambda'\sqrt{-1}}}{2}$$

und setze der Kürze halber $4\lambda^4 = s$, $4\lambda'^4 = s'$. Entwickelt man dann (e) und (i) nach den aufsteigenden Potenzen von s und s', so werden sie respectiv zu folgenden:

$$1 - \frac{s}{5.6.7.8} + \frac{s^2}{5.6.7.8.9.10.11.12} - \frac{s^3}{5.6\ldots\ldots.16} + \text{etc.} = 0 \qquad (e'')$$

$$2 - \frac{s'}{1.2.3.4} + \frac{s'^2}{1.2.3.4.5.6.7.8} - \frac{s'^3}{1.2\ldots\ldots.12} + \text{etc.} = 0 \qquad (i'')$$

Für kleine Werthe von s und s' und für eine erste Annäherung kann man die Potenzen von s und s', welche die zweite übersteigen, vernachlässigen, wo dann die Lösung der Aufgabe auf die Lösung einer quadratischen Gleichung zurückkommt. Man findet solchergestalt für den kleinsten Werth von s und s'

$s = 2025{,}258$ aus (e'')
$s' = 49{,}459$ aus (i'')

Zu größerer Annäherung löse man jetzt (e'') und (i'') noch einmal auf, indem man die hier gefundenen Werthe von s und s' in s^3 und s'^3 substituirt, so wird sich finden

$s = 2002{,}255\ldots$ aus (e'')
$s' = 49{,}44944\ldots$ aus (i'')

Um λ auch für die übrigen Töne zu finden, setze man in (e)*)

$$\lambda = \frac{(2n+1)\pi}{2} + \gamma \qquad (f)$$

*) Cauchy wendet das nachfolgende Approximationsverfahren auch auf die Gleichung (i) an, allein man erhält hierdurch für die niederen Werthe von λ'

wo γ eine noch zu bestimmende Größe, kleiner als $\frac{\pi}{2}$, ist. Man findet, daß γ approximativ sich folgendermaßen bestimmt:

$$i = (-1)^{n+1} \frac{2}{e^{(2n+1)\frac{\pi}{2}} + e^{-(2n+1)\frac{\pi}{2}}} \qquad (k)$$

und zwar vermöge folgender Herleitung. Es sei der Kürze halber

$$\frac{(2n+1)\pi}{2} = q$$

so hat man statt (e)

$$\left(e^q e^\gamma + e^{-q} e^{-\gamma}\right) \cos(q+\gamma) = 2 \qquad (l)$$

Es ist ferner, mit Vernachlässigung von γ^2

$$e^\gamma = 1 + \gamma;\ e^{-\gamma} = 1 - \gamma$$

$$\cos(q+\gamma) = \cos q \cos \gamma - \sin q \sin \gamma = (-1)^{n+1}\gamma$$

weil (bei Vernachlässigung von γ^2)

$$\cos q = o,\ \sin \gamma = \gamma,\ -\sin q = (-1)^{n+1}$$

Substituirt man diese Werthe von e^γ, $e^{-\gamma}$ und $\cos(q+\gamma)$ in (l), so erhält man (k).

Die Annäherung bestimmt λ selbst für den Grundton oder für $n = 1$ in (f) merklich richtig, denn man findet danach

$$N_1' = 2{,}0561\ldots \frac{2h}{a} N_1$$

V. Klangfiguren.

Der Hervorbringung der Klangfiguren von Strehlke und Chladni*).

Wahl und Vorrichtung der Scheiben. Aus den Discussionen von **Strehlke** und **Chladni** über diesen Gegenstand scheint hervorzugehen, daß, wenn es darauf ankommt, regelmäßige und symmetrische Figuren zu erlangen, Metallscheiben sich weniger eignen als Glasscheiben, indem erstere zu diesem Zwecke nicht leicht von hinlänglich gleichförmiger Dicke und Consistenz erlangt werden können, wie denn in der That die in

eine hinreichende Annäherung, wovon man sich durch Betrachtung der so gefundenen Werthe von $\frac{1}{t}$ in Exerc. III. p. 271 überzeugen kann.

*) **Strehlke** in Pogg. Ann. IV. 205; XVIII. 198. **Chladni** ebendas. 345.

Strehlke's erster Abhandlung beigefügten Klangfiguren, welche er mit seinen ausgesuchten Scheiben von Messing oder Glockenmetall erhielt, sämmtlich nichts anders als Verzerrungen regelmäßiger Figuren sind.

Dagegen behauptet Strehlke fortwährend gegen Chladni, daß die Figuren auf Metallscheiben durch Schärfe und Bestimmtheit sich vor denen auf glatten Glasscheiben auszeichnen. Indeß giebt es nach Strehlke ein Mittel, auch Glasscheiben diesen Vortheil zu verleihen, indem man sie nämlich auf der Fläche, wo die Figuren hervorgebracht werden sollen, mit Blattgold belegt oder mit einer dünnen Schicht einer Auflösung von Gummilack in absolutem Alkohol überzieht. Auch geben nach ihm Glasscheiben mit mattgeschliffener Oberfläche schärfere Figuren als Glasscheiben mit polirter Oberfläche. Selbst die Metallscheiben findet er vortheilhaft abzuschleifen.

Übrigens dürfen sowohl metallene als gläserne Scheiben, welche einige Zeit hindurch nicht gebraucht worden sind, ohne vorhergegangene sorgfältige Reinigung nicht sofort zur Hervorbringung von Klangfiguren benutzt werden. Eine beginnende Oxydation der Oberfläche hemmt die Bewegung des Sandes so sehr, daß man an den Stellen, wo die ruhenden Linien sich nahe kommen, nichts Bestimmtes mehr erkennt. Alle Stellen der Scheibe, welche man mit anscheinend ganz trockenen Fingerspitzen berührt hat, werden den Sand der Scheibe zurückhalten. Scheiben, welche aus einem kältern in ein wärmeres Zimmer gebracht sind, werden, wenn auch kein sichtbarer Niederschlag der Wasserdämpfe erfolgt, dennoch durch die anhängende Feuchtigkeit den Sand so stark zurückhalten, daß man sich umsonst bemühen würde, die Figuren in gewohnter Vollkommenheit darzustellen. Auch, wenn viele Personen in der Nähe der Scheiben sind, wird die Bildung der Figuren gestört.

Befestigung der Scheiben. Um eine sichere Aufstellung der Scheiben zu bewirken, empfahl Strehlke eine Art eiserner Gabel mit hölzernem Griff, welche in Poggend. IV. 207 beschrieben ist.

Chladni erinnert, wiewohl er gegen den Gebrauch eines Instruments zum Halten der Scheibe Nichts einzuwenden habe, finde er es doch jedenfalls leichter und bequemer, sich der bloßen Finger zu bedienen, wobei er die Scheibe, wo möglich, allemal an einer Durchschnittsstelle der Linien, nicht aber am Rande hält, außer etwa in Fällen, wo eine Ausbiegung einer Linie sich am Rande befindet.

Strehlke selbst führt später an, daß man mittelst seines Instruments nicht gut eine und dieselbe Klangfigur beliebig zum zweiten Male erhalten kann, insofern eine kleine Verrückung in der Haltungsstelle, ja schon das stärkere oder schwächere Einspannen der Scheibe die Curven ändern kann. Bei seinen messenden Versuchen über die Klangfiguren zog er es daher vor, die Scheibe entweder auf unterstützenden verticalen Holzstäbchen, welche an den Berührungsstellen mit der Scheibe kleine kreisförmige Tuchstückchen trugen, ruhen zu lassen oder sie geradezu auf die Finger der linken Hand zu legen.

n diesem Falle, wenn man nur ungefähr die Unterstützungspuncte getroffen ıt, bei welchen man ein Mal eine bestimmte und deutliche Klangfigur halten hatte, kann man sicher sein, so oft man will, dieselbe Klangfigur eder zu erhalten.

Bestreuen der Scheiben. Für die Schärfe der Figuren ist es n vorzüglicher Wichtigkeit, nur wenig Sand auf die Scheibe zu streuen, chstens so viel, daß etwa 3 bis 4 Körnchen auf die Quadratlinie kom- en. Von dem regelmäßigen Überstreuen hängt die Regelmäßigkeit der Fi- ıren in der Breite ab, und man muß einige Übung darauf verwenden, rch mehrmaliges Schwenken des den Sand enthaltenden Gefäßes, indem n immer nur einige Körner auf Ein Mal ausstreut, eine regelmäßige erstreuung hervorzubringen. Als aufzustreuender Körper scheint der reine ubfreie Quarzsand, und noch mehr der schwere magnetische Eisensand, lcher sich an den Küsten des Meeres und an den Ufern der Binnenseen r Ostseeländer vorfindet, nach Strehlke den Vorzug zu verdienen.

In einigen besonderen Versuchen kann auch angefeuchteter Sand mit ortheil angewandt werden *).

Streichen der Scheiben. Der Violinbogen muß an derselben telle des Randes senkrecht auf- und abgeführt werden und die damit her- rgebrachte Bewegung muß gleichmäßig so lange fortgesetzt werden, bis : Figur keine weitere Abänderung mehr erfährt. Wenn man die Absicht t, an den Klangfiguren Messungen anzustellen, so muß, um jeden Zwei- über den Gang der eigentlich ruhenden Linien zu entfernen, die Figur lange immer wieder auf's Neue hervorgebracht werden, bis man an den tellen, wo die Messung geschehen soll, nur eine einzige Reihe von Sand- rnchen erhalten hat. Man wird annehmen können, daß die die Mittel- ıncte dieser Sandkörnchen verbindende Linie die eigentlich ruhende Linie ist, n deren Ausmittelung es sich handelt. Hätte man mehrere Reihen neben ıander erhalten, so würde man nicht annehmen dürfen, daß die mittlere eihe gerade diejenige sei, welche durch die wahrhaft ruhende Linie geht; könnte die erste oder die dritte Reihe eben so gut die eigentlich ruhende

*) So läßt sich auf diese Weise darthun, daß in den Klangscheiben die ru- nden Stellen durch die Scheibe senkrecht auf die Oberfläche hindurch gehen. ich kann dieses Mittel gebraucht werden, um die Schwingungen eines cylin- ischen Glasgefäßes sichtbar zu machen. Überzieht man die innere und äußere ite eines gewöhnlichen Trinkglases mit stark angefeuchtetem Sande (welches : die innere Seite sehr leicht geschieht durch Drehung des Glases um seine izontal gelegte Axe, wobei der angefeuchtete Sand sich an der innern Seite Gefäßes anlegt), und setzt das Glas durch einen Violinbogen in Schwin- ıg, so vertheilt sich der Sand in 4 oder 6 Dreiecke, welche ihre Spitzen in ı Rande des Glases haben, während die übrigen Stellen desselben frei und chsichtig werden. Auf der äußern Seite erscheint eine gleich große Anzahl ru- der Stellen, welche aber zwischen den ruhenden der innern Seite liegen, nicht decken, wie es bei ebenen Scheiben der Fall ist.

Reihe sein, gegen welche sich die beiden anderen wie gegen einen festen Damm anstemmen. (Strehlke).

Klangfiguren auf Scheiben aus Körpern von nach verschiedenen Richtungen verschiedener Elasticität, von Savart *).

Savart hat in Bezug auf Klangfiguren auf kreisrunden Scheiben, die aus Holz oder Krystallen (besonders Bergkrystall), in welchen sich drei auf einander rechtwinkliche Elasticitätsaxen annehmen lassen, geschnitten sind, folgende Resultate erhalten, hinsichtlich deren Belege wir auf die Originalabhandlung verweisen, da sie sich auf ein großes Detail einzelner Beobachtungen gründen. (Vergl. auch S. 230).

1) Befindet sich eine der Elasticitätsaxen in der Ebene der Scheibe, so besteht eine der Knotenfiguren aus zwei geraden, sich rechtwinklich schneidenden, Linien, von denen eine sich immer jener Axe parallel legt; die andere Figur besteht aber aus zwei hyperbelähnlichen Curven.

2) Enthält die Scheibe keine der Axen in ihrer Ebene, so bestehen allemal beide Knotenfiguren aus hyperbolischen Curven, und niemals finden sich gerade Linien unter ihnen.

3) Die Anzahl der mit jeder Theilungsart verbundenen Schwingungen ist im Allgemeinen desto größer, je geringer die Neigung der Ebene der Scheibe gegen die Axe der größten Elasticität ist.

4) Die Scheibe, welche die Axen der größten und mittlern Elasticität in ihrer Ebene enthält, giebt den höchsten Ton oder macht die meisten Schwingungen.

5) Die Scheibe, welche gegen die Axe der größten Elasticität senkrecht steht, giebt den tiefsten Ton oder die wenigsten Schwingungen.

6) Wenn sich eine der Axen in der Ebene der Scheibe befindet, und die Elasticität senkrecht gegen diese Axe eben so groß wie in derselben ist, so sind die beiden Knotensysteme einander ähnlich; beide bestehen dann aus einem rechtwinklichen Kreuze gerader Linien und liegen um 45° aus einander. In einem Körper, der drei ungleiche Elasticitätsaxen besitzt, giebt es nur zwei Ebenen, welche diese Eigenschaft besitzen.

7) Die Hauptaxe der Knotencurven stellt sich immer in die Richtung der kleinsten Elasticität; und, wenn also in einer Reihe von Scheiben diese Axe die früher von der Nebenaxe behauptete Stellung einnimmt, so folgt daraus, daß die Elasticität in dieser Richtung geringer als in der andern geworden ist.

8) Wenn ein Körper drei ungleiche Elasticitätsaxen besitzt, so giebt es in demselben vier Ebenen, in denen die Elasticität so vertheilt ist, daß die mit diesen Ebenen parallelen Scheiben zwei gleiche Töne geben, und

*) Mém. de l'Acad. 1830. IX. 405; oder Ann. de Chim. et de Phys. XL. 113.; XLI. 61; oder Pogg. XVI. 206, 248; oder Kastn. Arch. XVII. 385, 437.

wenn man sie um zwei feste, von Savart Nodalcentra genannte, Puncte dreht, ihre Theilungsarten allmälig in einander übergehen.

9) Die Schwingungsmengen sind nur indirect mit den Theilungsarten verknüpft; denn einerseits werden zwei einander ähnliche Knotenfiguren von sehr verschiedenen Tönen begleitet, und andererseits entstehen die nämlichen Töne bei sehr verschiedenen Figuren.

10) Endlich kann man aus den untersuchten Thatsachen noch eine allgemeinere Folgerung ableiten. Wenn eine Kreisscheibe verschiedene Eigenschaften nach verschiedenen Richtungen besitzt, oder, anders gesagt, ihre Theile nicht symmetrisch um den Mittelpunct geordnet sind, so wird die Lage der Theilungsarten, deren sie fähig ist, durch ihre Structur bedingt, und jede Theilungsart, für sich betrachtet, kann immer, indem sie jedoch mehr oder weniger beträchtliche Veränderungen erleidet, zwei ebenfalls bestimmte Lagen einnehmen, so daß in heterogenen Kreisscheiben alle Theilungsarten gleichsam doppelt erscheinen.

Bemerkung verdient noch, daß auch Scheiben, die aus gegossenen Metallen bestehen, sich hinsichtlich der bestimmten Lagen, welche die Knotenlinien darauf annehmen, wie Scheiben, die aus Krystallen geschnitten sind, verhalten. (Vgl. S. 10 und 81.)

Bestimmung der Klangfiguren auf Membranen und Scheiben, von Poisson.

Poisson hat zuerst die Aufgabe gelöst, die Klangfiguren, welche sich auf biegsamen Membranen und starren Scheiben oder Platten bilden, durch Gleichungen auszudrücken und ihren Zusammenhang mit den dabei entstehenden Tönen anzugeben; und zwar hat er dies bisher in Bezug auf kreisrunde und rechteckige Membranen und in Bezug auf kreisrunde, aber noch nicht in Bezug auf rechteckige Scheiben gelöst, auch die vorzüglichsten Klangflächen einer Kugel bestimmt. Diese Untersuchungen, deren Resultate im Folgenden mitgetheilt werden sollen, sind in seiner größern Abhandlung Sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques in den Mém. de l'Acad. VIII, 357 enthalten.

Die Elasticität der Scheiben im Folgenden ist nach allen Richtungen als gleich angenommen. Bei den Membranen wird vorausgesetzt, daß sie im ganzen Umrisse ihres Randes gleichförmig durch ein Gewicht gespannt sind, welches in der Richtung ihrer Ebene und gleichförmig überall senkrecht auf den Rand wirkt.

Klangfiguren bei longitudinalen Schwingungen kreisförmiger Membranen oder Scheiben.

Diese Figuren sind Kreise, welche um den Mittelpunct der Membran oder Scheibe concentrisch liegen. Sie stimmen für biegsame Membranen und starre am Rande befestigte Scheiben überein, haben aber andere Dimensionsverhältnisse bei Scheiben, die am Rande frei sind. Jedenfalls

entsprechen dem nten Ton der Membran oder Scheibe n — 1 concentrische Kreise, abgesehen von der im Rande selbst liegenden Knotenlinie, so daß bei dem **Grundtone** gar keine Knotenlinie in die Fläche der Platten fällt. Die einzige kreisförmige Knotenlinie, welche dem **zweiten** Tone entspricht, liegt bei der eingespannten Membran, so wie der am Rande befestigten Scheibe in einem Abstande vom Mittelpuncte, welcher $\frac{3,77}{7,50}$ $=$ (0,53) des Radius der Scheibe beträgt; bei der am Rande freien Scheibe aber in einem Abstande vom Mittelpuncte $= \frac{3,77}{5,31}$; d. i. 0,71 des Radius.

Allgemein werden die Abstände der Knotenlinien vom Mittelpuncte bei der eingespannten Membran und der am Rande befestigten Scheibe für den nten Ton durch folgende Gleichung bestimmt:

$$R = \frac{\mu a}{\mu_n}$$

Hierin bedeutet R den Radius der kreisförmigen Knotenlinie oder die Radien, wenn deren mehrere sind, a den Radius der Scheibe oder Membran, μ_n den Werth von μ, welcher sich als Wurzel der Gleichung (34) (S. 281) für den nten Ton ergiebt, μ aber alle mögliche positive Wurzeln dieser Gleichung, mit Ausschluß derer, durch welche $R > a$ werden würde.

Für eine am Rande freie Scheibe würde man haben:

$$R = \frac{\mu' a}{\mu'_n}$$

wo μ'_n und μ' in Bezug auf die Gleichung (35) (S. 282) dasselbe sind, was μ_n und μ'_n in Bezug auf die Gleichung (34).

Klangfiguren bei transversalen Schwingungen kreisrunder Membranen und Scheiben.

Auch diese sind um den Mittelpunct concentrische Kreise.

a) **Bei einer Membran vom Radius a.** Dem nten Tone entsprechen auch hier n — 1 innerhalb der Membran fallende Kreise; mithin dem Grundtone keine, dem zweiten Tone eine. Der Radius dieses Kreises beträgt $\frac{2,4047}{5,5225} = 0,4347$ des Radius der Membran. Allgemein werden die Radien R der Knotenlinien für den nten Ton durch folgende Gleichung bestimmt:

$$R = \frac{\mu a}{\mu_n}$$

wo sich μ und μ_n auf Gleichung (37), analog als bei longitudinalen Schwingungen angegeben worden, beziehen.

b) **Bei einer Scheibe vom Radius a.**

α) **Im Fall die Scheibe am Rande bloß vertical ange-**

wo γ eine noch zu bestimmende Größe, kleiner als $\frac{\pi}{2}$, ist. Man findet, daß γ approximativ sich folgendermaßen bestimmt:

$$i = (-1)^{n+1} \frac{2}{e^{(2n+1)\frac{\pi}{2}} + e^{-(2n+1)\frac{\pi}{2}}} \qquad (k)$$

und zwar vermöge folgender Herleitung. Es sei der Kürze halber

$$\frac{(2n+1)\pi}{2} = q$$

so hat man statt (e)

$$\left(e^q e^\gamma + e^{-q} e^{-\gamma}\right) \cos(q+\gamma) = 2 \qquad (l)$$

Es ist ferner, mit Vernachlässigung von γ^2

$$e^\gamma = 1 + \gamma;\ e^{-\gamma} = 1 - \gamma$$

$$\cos(q+\gamma) = \cos q \cos\gamma - \sin q \sin\gamma = (-1)^{n+1}\gamma$$

weil (bei Vernachlässigung von γ^2)

$$\cos q = o,\ \sin\gamma = \gamma,\ -\sin q = (-1)^{n+1}$$

Substituirt man diese Werthe von e^γ, $e^{-\gamma}$ und $\cos(q+\gamma)$ in (l), so erhält man (k).

Die Annäherung bestimmt λ selbst für den Grundton oder für $n = 1$ in (f) merklich richtig, denn man findet danach

$$N_1' = 2{,}0561\ldots \frac{2h}{a} N_1$$

V. Klangfiguren.

Über Hervorbringung der Klangfiguren von Strehlke und Chladni*).

Wahl und Vorrichtung der Scheiben. Aus den Discussionen von Strehlke und Chladni über diesen Gegenstand scheint hervorzugehen, daß, wenn es darauf ankommt, regelmäßige und symmetrische Figuren zu erlangen, Metallscheiben sich weniger eignen als Glasscheiben, indem erstere zu diesem Zwecke nicht leicht von hinlänglich gleichförmiger Dicke und Consistenz erlangt werden können, wie denn in der That die in

keine hinreichende Annäherung, wovon man sich durch Betrachtung der so gefundenen Werthe von $\frac{1}{t}$ in Exerc. III. p. 271 überzeugen kann.

*) Strehlke in Pogg. Ann. IV. 205; XVIII. 198. Chladni ebendas. V. 345.

Hierin bedeutet μ_n diejenige Wurzel der Gleichung (44 bis) (S. 286), welche dem nten Tone zugehört, y aber die verschiedenen Wurzeln der Gleichung S. 297, wenn man für x' substituirt x und für y' substituirt y.

Klangflächen einer auf der Oberfläche freien Kugel vom Radius a.

Die Schwingungen werden in der Richtung der Radien vor sich gehend, und der Bewegungszustand in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte für überall gleich angenommen.

Dem nten Tone entsprechen (n — 1) sphärische, um den Mittelpunkt concentrische, Knotenflächen. Der Radius der für den zweiten Ton Statt findenden ist $= \frac{4,49331}{6,05973}$ a = (0,74150) a

Allgemein werden die Radien R der Knotenflächen für den nten Ton durch folgende Gleichung gegeben, worin $x = \frac{\nu_n R}{a}$, ν_n aber die, dem nten Tone zugehörige Wurzel der Gleichung (48) S. 288 bedeutet:

$$x \cos x - \sin x = 0$$

(mit Vorbehalt, wie auch stets im Vorigen, die Werthe von R bei Seite zu lassen, welche größer sind als a). Die beiden kleinsten Wurzeln letzterer Gleichung sind näherungsweise

$$x = 4,49331 ; x = 7,72747$$

Klangfiguren auf rechteckigen Membranen.

Wenn die Seiten einer rechteckigen Membran streng incommensurabel sind, so entspricht ihrem Grundtone gar keine Knotenlinie (außer im befestigten Rande, welche nicht mit gezählt werden), jedem höhern Tone, den sie giebt, aber nur ein einziges System von Knotenlinien. Diese Linien sind den Seiten respectiv parallel, und so angeordnet, daß die Membran dadurch in lauter unter einander gleiche Rechtecke getheilt wird. Die Membran kann nun so schwingen, daß alle Knotenlinien blos der einen Seite, oder daß sie blos der andern Seite parallel laufen, oder daß sich kreuzende Knotenlinien respectiv beiden Seiten parallel laufen, und zwar ist die Membran aller denkbaren Combinationen in diesem Bezuge fähig, so daß z. B. der einen Seite (je nach dem Tone, den sie giebt) 1, 2, 3, 4, oder überhaupt eine beliebige Anzahl Knotenlinien (in gleichen Abständen von einander) parallel laufen können, während der andern Seite gar keine parallel läuft, oder es kann auch der einen Seite eine beliebige Anzahl Knotenlinien parallel laufen, während der andern ebenfalls eine beliebige Anzahl Knotenlinien parallel läuft, wobei immer entsprechende abgeänderte Töne entstehen. Man kann daher die Töne solcher Membranen, wie Chladni gethan (Biot II. 77), nach der Anzahl der Knotenlinien, die der einen und andern Seite parallel gehen, ordnen und bezeichnen, so daß z. B. 2 | 1, 4 | 3 Töne bedeuten, bei denen respectiv 2 oder 4 Linien der kürzern, 1 oder 3 Linien der längern Seite parallel laufen. — Eine gleiche Anzahl Knoten-

linien, welche der längern Seite parallel laufen, entspricht einem höhern Tone als eine solche, welche der kürzern parallel laufen.

Wenn die Seiten einer rechteckigen Membran ein gemeinschaftliches Maß haben (wohin mithin quadratische Membranen, solche, deren Seiten sich wie 1:2, wie 2:3 u. s. f. verhalten, gehören), so können jedem Tone, je nach der Erschütterungsart, in welche die Membran versetzt worden ist, unendlich viel verschiedene Arten Knotenlinien entsprechen *).

Jedes dieser Systeme besteht im Allgemeinen aus einer gewissen Anzahl gerader Knotenlinien, die den Rändern parallel gehen*), und krummen Linien, welche sich in gewissen Theilen ihrer Länge Ellipsen oder Hyperbeln oder Zusammenfügungen solcher Linien ausnehmend nähern können, ohne jedoch wahrhaft solche zu seyn; indem ihre Gleichungen transcendent sind. Durch allmählige Abänderung der Erschütterungsart ändern sich diese Knotenlinien allmälig ab, während der Ton hierbei immer derselbe bleibt.

Die nähern Bestimmungen sind in Folgendem enthalten:

1) Für die Voraussetzung, daß beide Seiten der Membran incommensurabel sind. Man setze den Anfang der Coordinaten in eine Ecke der Membran, und nehme die Längenseite l für die Axe der x, die breite Seite b für die Axe der y, dann werden in unserem Falle bei einem Ton, der durch die Formel (38) Seite 285 ausgedrückt wird, alle die Punkte der Membran in Ruhe bleiben, welche Werthe von $x = \frac{il}{m}$ und Werthen von $y = \frac{i'b}{n}$ entsprechen, wo i alle Werthe positiver ganzer Zahlen (Null eingeschlossen), die nicht größer als m, und i' alle Werthe positiver ganzer Zahlen, die nicht größer als n sind, bedeutet. Solchergestalt wird die Membran für den Ton, der beliebigen in die Formel (38) substituirten Werthen von m und n entspricht, jedenfalls in mn einander gleiche Rechtecke getheilt werden, und es wird keine andre Theilungsart möglich seyn.

2) Für die Voraussetzung, daß beide Seiten der Membran ein gemeinschaftliches Maß haben.

Das gemeinschaftliche Maß der beiden Seiten l und b sey ζ, so daß $l = e\zeta$, $b = e'\zeta$, wo e und e' ganze, durch das Verhältniß der Seiten bestimmte, Zahlen sind. Es seyen ferner A und B Größen, die blos von den Umständen, unter denen die Membran erschüttert wird, abhängen und welche hiernach alle mögliche Werthe annehmen können. Dann werden die Coordinaten x und y der Hauptknotenlinien, welche auf der Membran Statt finden können, für den Ton, welcher den Werthen m und n in Formel (38) Seite 285 entspricht, durch folgende Gleichung bestimmt, worin Anfang und Axen der Coordinaten wie vorhin angenommen sind.

*) So entspricht, wie weiterhin erörtert wird, den sämmtlichen Knotenlinien welche von Fig. 43 bis Fig. 48 verzeichnet sind, derselbe Ton.

**) Bei quadratischen Membranen fallen sie in die Ränder selbst.

Reihe sein, gegen welche sich die beiden andern wie gegen einen festen Damm aufstemmen. (Strehlke).

Klangfiguren auf Scheiben aus Körpern von nach verschiedenen Richtungen verschiedener Elasticität, von Savart *).

Savart hat in Bezug auf Klangfiguren auf kreisrunden Scheiben, die aus Holz oder Krystallen (besonders Bergkrystall), in welchen sich drei auf einander rechtwinkliche Elasticitätsaxen annehmen lassen, geschnitten sind, folgende Resultate erhalten, hinsichtlich deren Belege wir auf die Originalabhandlung verweisen, da sie sich auf ein großes Detail einzelner Beobachtungen gründen. (Vergl. auch S. 230).

1) Befindet sich eine der Elasticitätsaxen in der Ebene der Scheibe, so besteht eine der Knotenfiguren aus zwei geraden, sich rechtwinklich schneidenden, Linien, von denen eine sich immer jener Axe parallel legt; die andere Figur besteht aber aus zwei hyperbelähnlichen Curven.

2) Enthält die Scheibe keine der Axen in ihrer Ebene, so bestehen allemal beide Knotenfiguren aus hyperbolischen Curven, und niemals finden sich gerade Linien unter ihnen.

3) Die Anzahl der mit jeder Theilungsart verbundenen Schwingungen ist im Allgemeinen desto größer, je geringer die Neigung der Ebene der Scheibe gegen die Axe der größten Elasticität ist.

4) Die Scheibe, welche die Axen der größten und mittlern Elasticität in ihrer Ebene enthält, giebt den höchsten Ton oder macht die meisten Schwingungen.

5) Die Scheibe, welche gegen die Axe der größten Elasticität senkrecht steht, giebt den tiefsten Ton oder die wenigsten Schwingungen.

6) Wenn sich eine der Axen in der Ebene der Scheibe befindet, und die Elasticität senkrecht gegen diese Axe eben so groß wie in derselben ist, so sind die beiden Knotensysteme einander ähnlich; beide bestehen dann aus einem rechtwinklichen Kreuze gerader Linien und liegen um 45° aus einander. In einem Körper, der drei ungleiche Elasticitätsaxen besitzt, giebt es nur zwei Ebenen, welche diese Eigenschaft besitzen.

7) Die Hauptaxe der Knotencurven stellt sich immer in die Richtung der kleinsten Elasticität; und, wenn also in einer Reihe von Scheiben diese Axe die früher von der Nebenaxe behauptete Stellung einnimmt, so folgt daraus, daß die Elasticität in dieser Richtung geringer als in der andern geworden ist.

8) Wenn ein Körper drei ungleiche Elasticitätsaxen besitzt, so giebt es in demselben vier Ebenen, in denen die Elasticität so vertheilt ist, daß die mit diesen Ebenen parallelen Scheiben zwei gleiche Töne geben, und

*) Mém. de l'Acad. 1830. IX. 405; oder Ann. de Chim. et de Phys. XL. 113.; XLI. 61; oder Pogg. XVI. 206, 249; oder Kastn. Arch. XVII. [illegible]

wenn man sie um zwei feste, von Savart Nodalcentra genannte, Puncte dreht, ihre Theilungsarten allmälig in einander übergehen.

9) Die Schwingungsmengen sind nur indirect mit den Theilungsarten verknüpft; denn einerseits werden zwei einander ähnliche Knotenfiguren von sehr verschiedenen Tönen begleitet, und andererseits entstehen die nämlichen Töne bei sehr verschiedenen Figuren.

10) Endlich kann man aus den untersuchten Thatsachen noch eine allgemeinere Folgerung ableiten. Wenn eine Kreisscheibe verschiedene Eigenschaften nach verschiedenen Richtungen besitzt, oder, anders gesagt, ihre Theile nicht symmetrisch um den Mittelpunct geordnet sind, so wird die Lage der Theilungsarten, deren sie fähig ist, durch ihre Structur bedingt, und jede Theilungsart, für sich betrachtet, kann immer, indem sie jedoch mehr oder weniger beträchtliche Veränderungen erleidet, zwei ebenfalls bestimmte Lagen einnehmen, so daß in heterogenen Kreisscheiben alle Theilungsarten gleichsam doppelt erscheinen.

Bemerkung verdient noch, daß auch Scheiben, die aus gegossenen Metallen bestehen, sich hinsichtlich der bestimmten Lagen, welche die Knotenlinien darauf einnehmen, wie Scheiben, die aus Krystallen geschnitten sind, verhalten. (Vgl. S. 10 und 81.)

Bestimmung der Klangfiguren auf Membranen und Scheiben, von Poisson.

Poisson hat zuerst die Aufgabe gelöst, die Klangfiguren, welche sich auf biegsamen Membranen und starren Scheiben oder Platten bilden, durch Gleichungen auszudrücken und ihren Zusammenhang mit den dabei entstehenden Tönen anzugeben; und zwar hat er dies bisher in Bezug auf kreisrunde und rechteckige Membranen und in Bezug auf kreisrunde, aber noch nicht in Bezug auf rechteckige Scheiben gelöst, auch die vorzüglichsten Klangflächen einer Kugel bestimmt. Diese Untersuchungen, deren Resultate im Folgenden mitgetheilt werden sollen, sind in seiner größern Abhandlung Sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques in den Mém. de l'Acad. VIII. 357 enthalten.

Die Elasticität der Scheiben im Folgenden ist nach allen Richtungen als gleich angenommen. Bei den Membranen wird vorausgesetzt, daß sie im ganzen Umrisse ihres Randes gleichförmig durch ein Gewicht gespannt sind, welches in der Richtung ihrer Ebene und gleichförmig überall senkrecht auf den Rand wirkt.

Klangfiguren bei longitudinalen Schwingungen kreisförmiger Membranen oder Scheiben.

Diese Figuren sind Kreise, welche um den Mittelpunct der Membran oder Scheibe concentrisch liegen. Sie stimmen für biegsame Membranen und starre am Rande befestigte Scheiben überein, haben aber andere Dimensionsverhältnisse bei Scheiben, die am Rande frei sind. Jedenfalls

entsprechen dem nten Ton der Membran oder Scheibe n — 1 concentr[illegible] Kreise, abgesehen von der im Rande selbst liegenden Knotenlinie, so [illegible] bei dem Grundtone gar keine Knotenlinie in die Fläche der Pla[illegible] fällt. Die einzige kreisförmige Knotenlinie, welche dem zweiten T[illegible] entspricht, liegt bei der eingespannten Membran, so wie der am Rand[illegible] festigten Scheibe in einem Abstande vom Mittelpuncte, welcher $\frac{5,[illegible]}{7,[illegible]}$ = (0,55) des Radius der Scheibe beträgt; bei der am Rande f[illegible] Scheibe aber in einem Abstande vom Mittelpuncte = $\frac{3,77}{5,[illegible]}$ [illegible] des Radius.

Allgemein werden die Abstände der Knotenlinien vom Mittelpunc[illegible] der eingespannten Membran und der am Rande befestigten Schei[illegible] den nten Ton durch folgende Gleichung bestimmt:

$$R = \frac{\mu a}{\mu_n}$$

Hierin bedeutet R den Radius der kreisförmigen Knotenlinie [illegible] Radien, wenn deren mehrere sind, a den Radius der Scheibe oder [illegible] bran, μ_n den Werth von μ, welcher sich als Wurzel der Gleichung [illegible] (S. 281) für den nten Ton ergiebt, μ aber alle möglichen positive[illegible] zeln dieser Gleichung, mit Ausschluß derer, durch welche R > a [illegible] den würde.

Für eine am Rande freie Scheibe würde man haben:

$$R = \frac{\mu' a}{\mu'_n}$$

wo μ'_n und μ' in Bezug auf die Gleichung (35) (S. 282) dasselbe [illegible] was μ_n und μ'_n in Bezug auf die Gleichung (34).

[illegible]langfiguren bei transversalen Schwingungen kreis[illegible] der Membranen und Scheiben.

Auch diese sind um den Mittelpunct concentrische Kreise.

a) Bei einer Membran vom Radius a. Dem nten [illegible] entsprechen auch hier n — 1 innerhalb der Membran fallende Kreise; [illegible] dem Grundtone keine, dem zweiten Tone eine. Der Radius [illegible] betrágt $\frac{2,4047}{5,5225}$ = 0,4347 des Radius der Membran.

[illegible] werden die Radien R der Knotenlinien für den nten Ton durc[illegible] Gleichung bestimmt:

$$R = \frac{\mu a}{\mu_n}$$

[illegible] sich μ und μ_n auf Gleichung (37), analog als bei longitu[illegible] Schwingungen angegeben worden, beziehen.

b) Bei einer Scheibe vom Radius a.

α) Im Fall die Scheibe am Rande bloß vertical

stimmt ist. Dem nten Tone entsprechen (n — 1) Knotenlinien innerhalb der Fläche der Scheibe. Der Radius der einzigen Knotenlinie für den 2ten Ton ist 0,441 des Radius der Scheibe. Allgemein werden die Radien R der Knotenlinien für den nten Ton durch folgende Gleichung bestimmt:

$$R = \frac{2a}{\mu'_n}\sqrt{y'}$$

Hierin bedeutet μ'_n diejenige Wurzel der Gleichung (45 bis) (S. 287), die dem nten Tone zugehört; y' aber alle die verschiedenen Wurzeln der Gleichung:

$$\left(1 + x' + \frac{x'^2}{(1.2)^2} + \frac{x'^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 - \frac{y'}{(1.2)^2} + \frac{y'^2}{(1.2.3)^2} - \frac{y'^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right)$$
$$+ \left(1 - x' + \frac{x'^2}{(1.2)^2} - \frac{x'^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 + \frac{y'}{(1.2)^2} + \frac{y'^2}{(1.2.3)^2} + \frac{y'^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right) = 0$$

β) Im Fall der Rand ganz frei ist. Dem nten Tone entsprechen n Knotenlinien. Für den Radius R der kreisförmigen Knotenlinie des tiefsten Tones ergiebt sich

$$R = (0{,}6806)\, a$$

für die zwei Knotenlinien des zweiten Tons

$$R = (0{,}3915)\, a, \quad R = (0{,}885)\, a$$

Versuche Savart's *) dienen diesem zur Bestätigung. Dieser maß die Radien der Knotenlinien auf 3 kreisförmigen Kupferscheiben von verschiedenen Dimensionen, deren Ränder ganz frei waren. Für den Grundton erhielt er auf diesen drei Scheiben:

0,6819; 0,6798; 0,6812

als Verhältniß zwischen dem Radius der einzigen kreisförmigen Knotenlinie und dem Radius der Scheibe. Bei dem zweiten Tone erhielt er für die beiden Knotenlinien, welche hier Statt finden, respectiv folgende Verhältnisse:

0,3855; 0,3876: 0,3836

0,8410; 0,8427; 0,8406

γ) Im Fall der Rand unveränderlich befestigt ist. Dem nten Tone entsprechen (n — 1) Knotenlinien. Für den zweiten Ton ergiebt sich der Radius R der Knotenlinie = (0,381) a. Allgemein wird der Radius R durch folgende Gleichung bestimmt:

$$R = \frac{2a}{\mu_n}\sqrt{y}$$

*) Mém. de l'Acad. VIII. 568.

Dem nten Tone entsprechen (n — 1) sphärische, um den M
concentrische Knotenflächen. Der Radius der für den zweiten T
findenden ist $= \frac{4,49331}{6,05973}\ a = (0,74150)\ a$

Allgemein werden die Radien R der Knotenflächen für den
durch folgende Gleichung gegeben, worin $x = \frac{\nu_n R}{a}$, ν_n aber
nten Tone zugehörige Wurzel der Gleichung (48) S. 288 bedeut

$$x \cos x - \sin x = 0$$

(mit Vorbehalt, wie auch stets im Vorigen, die Werthe von R
zu lassen, welche größer sind als a). Die beiden kleinsten Wurzel
Gleichung sind näherungsweise

$$x = 4,49331\ ;\ x = 7,72747$$

Klangfiguren auf rechteckigen Membranen.

Wenn die Seiten einer rechteckigen Membran streng incomm
sind, so entspricht ihrem Grundtone gar keine Knotenlinie (außer
stigten Rande, welche nicht mit gezählt werden), jedem höhern T
sie giebt, aber nur ein einziges System von Knotenlinien. Di
sind den Seiten respectiv parallel, und so angeordnet, daß die
dadurch in lauter unter einander gleiche Rechtecke getheilt wird.
bran kann nun so schwingen, daß alle Knotenlinien blos der ein
oder daß sie blos der andern Seite parallel laufen, oder daß sich
Knotenlinien respectiv beiden Seiten parallel laufen, und zwar ist
bran aller denkbaren Combinationen in diesem Bezuge fähig, so
der einen Seite (je nach dem Tone, den sie gi
haupt eine beliebige Anzahl Knotenlinien (in
ander) parallel laufen können, während keine
läuft, oder es kann auch der einen Seite ei

inien, welche der längern Seite parallel laufen, entspricht einem höhern Tone als eine solche, welche der kürzern parallel laufen.

Wenn die Seiten einer rechteckigen Membran ein gemeinschaftliches Maß haben (wohin mithin quadratische Membranen, solche, deren Seiten sich wie 1:2, wie 2:3 u. s. f. verhalten, gehören), so können jedem Tone, je nach der Erschütterungsart, in welche die Membran versetzt worden ist, unendlich viel verschiedene Arten Knotenlinien entsprechen *).

Jedes dieser Systeme besteht im Allgemeinen aus einer gewissen Anzahl gerader Knotenlinien, die den Rändern parallel gehen*), und krummen Linien, welche sich in gewissen Theilen ihrer Länge Ellipsen oder Hyperbeln der Zusammenfügungen solcher Linien ausnehmend nähern können, ohne jedoch wahrhaft solche zu seyn; indem ihre Gleichungen transcendent sind. Durch allmählige Abänderung der Erschütterungsart ändern sich diese Knotenlinien allmälig ab, während der Ton hierbei immer derselbe bleibt.

Die nähern Bestimmungen sind in Folgendem enthalten:

1) **Für die Voraussetzung, daß beide Seiten der Membran incommensurabel sind.** Man setze den Anfang der Coordinaten in eine Ecke der Membran, und nehme die Längenseite l für die Axe der x, die breite Seite b für die Axe der y, dann werden in unserem Falle bei einem Ton, der durch die Formel (38) Seite 285 ausgedrückt wird, alle die Punkte der Membran in Ruhe bleiben, welche Werthe von $x = \frac{il}{m}$ und Werthen von $y = \frac{i'b}{n}$ entsprechen, wo i alle Werthe positiver ganzer Zahlen (Null eingeschlossen), die nicht größer als m, und i' alle Werthe positiver ganzer Zahlen, die nicht größer als n sind, bedeutet. Solchergestalt wird die Membran für den Ton, der beliebigen in die Formel (38) substituirten Werthen von m [illegible] entspricht, jedenfalls in mn einander gleiche Rechtecke getheilt w[illegible] es wird keine andre Theilungsart möglich seyn.

2) **Für [illegible] beide Seiten der Membran ein gemei[illegible]**

Das [illegible] Seit[illegible] sey ζ, so daß
= ζ, [illegible] e, du[illegible] ältniß der Sei-
bestim[illegible] rner[illegible] ößen, die blos
[illegible] mbr[illegible] ird, abhängen
[illegible] Dann werden
[illegible] der Membran
[illegible] und n in For-
[illegible] stimmt, worin
[illegible] sind.

[illegible] hen Knotenlinien

[illegible] selbst.

$$A \sin \frac{m\pi x}{e\zeta} \sin \frac{n\pi y}{e'\zeta} + B \sin. \frac{n\pi x}{e'\zeta} \sin \frac{m\pi y}{e\zeta} = 0 \quad (a)$$

Diese Gleichung ist, je nach den verschiedenen Werthen, die A und B durch die verschiedenen anfänglichen Erschütterungsarten erlangen können, eigentlich unendlich vielen verschiedenen Gleichungen äquivalent.

Poisson hat die einzelnen Knotenlinien, die sich nach dieser Gleichung ergeben, nicht weiter abgeleitet. Diese Ableitung hat übrigens keine große Schwierigkeit, und ich will einige Beispiele derselben für die tiefsten Töne einer quadratischen Membran hier mittheilen. Für eine solche Membran können wir, indem wir die Seite derselben als Längeneinheit annehmen, setzen:

$$l = l\zeta = 1, \; b = l\zeta = 1, \; e = 1, \; e' = 1$$

wodurch sich obige Gleichung in folgende verwandelt:

$$A \sin. m\pi x \sin. n\pi y + B \sin. n\pi x \sin. m\pi y = 0 \quad (b)$$

Leiten wir hieraus die Knotenlinien für folgende vier Fälle ab:

Erster Fall $m = 1, n = 1$ (Grundton)
Zweiter Fall $m = 1, n = 2$
Dritter Fall $m = 1, n = 3$
Vierter Fall $m = 2, n = 2$

Die Axe der x sey in den Figuren (40) bis (48) stets der Seite a b, die Axe der y der Seite a d parallel; der Anfang der Coordinaten werde in der Ecke angenommen, wenn nichts andres bemerkt ist.

Erster Fall $m = 1, n = 1$. Für diesen Fall verwandelt sich die Gleichung (b) in:

$$(A + B) \sin \pi x \sin \pi y = 0 \quad (c)$$

welche sich in die zwei Factoren

$$\sin \pi x = 0, \; \sin \pi y = 0$$

zerlegen läßt. Diese geben

$$\pi x = i\pi; \; \pi y = i'\pi$$

mithin $x = i$; $y = i'$

wo i, i' erwähntermaßen alle ganze Zahlen von 0 an bedeuten können. Da jedoch Werthe von i und i', die größer als 1 wären, nicht mehr innerhalb der Membran fallen würden, so erhellt, daß für den Grundton einer quadratischen Membran blos in den Rändern selbst Knotenlinien liegen.

Beschränken wir uns auch im Folgenden blos auf die Angabe derjenigen Lösungen, welche innerhalb der Membran fallen, da die andern keine realen Knotenlinien geben.

Zweiter Fall $m = 1, n = 2$. Für diesen Fall verwandelt sich die Formel (b) in:

$$A \sin \pi x \sin 2\pi y + B \sin 2\pi x \sin \pi y = 0$$

die durch gehörige Transformation*) in folgende übergeht:

$$(A \cos \pi x + B \cos \pi y) \sin \pi x \sin \pi y = 0 \quad (d)$$

*) Es ist nämlich wie bekannt: $\sin 2a = 2 \sin a \cos a$.

Diese Gleichung läßt sich in die drei Factoren zerlegen:

$$\sin \pi x = 0; \sin \pi y = 0 \quad (e)$$

$$(A \cos \pi x + B \cos \pi y) = 0 \quad (f)$$

Die beiden ersten Factoren geben wie vorhin

$$x = i; \ y = i'$$

Was den dritten Factor anlangt, so kann er unendlich viele verschiedene Knotenlinien bezeichnen, je nach dem Verhältniß der Werthe, welche A und B zu einander haben. Gesetzt man hat $A = + B$, so wird die Gleichung (f) zu folgender:

$$\cos \pi x = - \cos \pi y$$

welche blos folgende, innerhalb der Membran fallende, Lösung zuläßt:

$$x = 1 - y$$

Solchergestalt erhält man als Knotenlinie eine gerade Diagonale, die in Fig. 40 verzeichnet ist. Setzt man $A = - B$, so erhält man nach derselben Herleitung die in Fig. 41 verzeichnete Diagonale als Knotenlinie. Setzen wir jetzt A und B ungleich, so erhalten wir statt gerader Linien Curven, deren Beschaffenheit wir jetzt erforschen wollen.

Zuvörderst erhellt leicht, daß, wenn man sich die Membran durch ein durch den Mittelpunkt gehendes, den Seiten paralleles Kreuz in 4 Quadrate getheilt denkt, die Linien dieses Kreuzes nirgends anders als in ihrem Kreuzungspunkte k (Fig. 42) von der Curve geschnitten werden; denn für $x = \frac{1}{2}$ findet man den einzigen Werth $y = \frac{1}{2}$ und umgekehrt.

Betrachten wir jetzt zuvörderst den Fall, wo $A < B$ und wo beide gleiches Vorzeichen haben.

In diesem Falle werden die Seiten a b und c d Fig. 42 nirgends von einem Curvenzweige geschnitten; die Seiten a d und b c aber jede blos einmal.

In der That, bezeichnet man mit α den kleinsten Bogen, der einem Cosinus $= - \frac{A}{B}$ zugehört, so daß mithin $\alpha < \pi; > \frac{\pi}{2}$; so hat man für $x = 0$

$$y = \frac{2 i \pi \pm \alpha}{\pi}$$

Da nun jeder andre Werth von i als Null, $y > 1$ geben würde, so erhellt, daß blos der einzige Werth

$$y = + \frac{\alpha}{\pi}$$

innerhalb des Randes fällt. Ferner erhellt leicht, daß die Werthe von x welche $y = 0$ oder $y = 1$ entsprechen, durch die Bögen oder den Bogen welcher dem Cosinus $= \mp \frac{B}{A}$ zugehören würde, bestimmt werden würden da aber $\frac{B}{A} > 1$, so gehört dieser Cosinus zu den unmöglichen. Mithin kann die Seite a b so wie c d nirgends von der Curve geschnitten werden

… Seite bc blos Einmal von der Curve geschnitten wird, … man in Gleichung (f) setzt x = 1. Dann hat man

$$y = \frac{2i\pi \pm \alpha'}{\pi}$$

…en …sten Bogen bedeutet, der dem Cosinus $+\frac{A}{B}$ zugehört, wo … der Werth

$$y = +\frac{\alpha'}{\pi}$$

innerhalb der Seite bc fällt. Nun ist, wie sich leicht ergiebt

$$\frac{\alpha'}{\pi} = 1 - \frac{\alpha}{\pi}$$

mithin liegt der Durchschnittspunkt der Curve in ad eben so weit von a als in bc von c entfernt. Endlich erg…t sich daraus, daß α ein Bogen ist, welcher einem negativen Cosinus zugehört, daß die Linie ad zwischen c' und d, die Linie bc zwischen b und d' von der Curve geschnitten wird. Die Curve selbst wird sich leicht construiren lassen, wenn wir sie in Bezug auf x oder y auflösen.

Verlegen wir den Anfang der Coord…naten in die Mitte der Scheibe, indem wir in (f) für x und y respectiv …ubstituiren $x + \frac{1}{2}$ und $y + \frac{1}{2}$, so ergiebt sich folgende Gleichung:

$$-\sin \pi x = \frac{B}{A} \sin \pi y \qquad (g)$$

die in Bezug zu x aufgelöst, blos folgende innerhalb der Membran fallende Lösung zuläßt.

$$x = -\frac{\alpha''}{\pi}$$

wo α'' den kleinsten Bogen bedeutet, welcher einem Sinus $= \frac{B}{A} \sin \pi y$ entspricht. Es erhellt aus dieser Gleichung, daß die Curve symmetrisch in Bezug zu den Linien a' b', c' d' ist, oder daß die Mitte der Scheibe zugleich der Mittelpunkt der Curve ist, da ihre Gleichung sich nicht ändert, wenn man zugleich das Vorzeichen von x und y ändert.

Da man in Gleichung (g) für

$$\pm x = \pm y$$

stets blos den einzigen Werth Null findet, so erhellt hieraus, daß die Curve die Diagonalen nirgends anders als im Mittelpunkte schneidet.

Man kann ferner leicht durch die bekannten Regeln, welche die Differenzialrechnung an die Hand giebt *), finden, daß die Curve oder ihre Tan-

*) Man findet aus Gleichung (g) mittelst gehöriger Transformationen:

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{A}{B} \frac{\cos \pi x}{\cos \pi y}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\pi A (B^2 - A^2) \sin \pi x}{B^3 \cos^3 \pi y}$$

...e in k einen Winkel, dessen Tangente $= -\frac{A}{B}$ ist, mit der Axe der x ...acht, daß sie die Linien a d und b c senkrecht schneidet, und daß sie über... concav gegen die Linie c′ d′ (Fig. 42) ist.

Endlich, wenn man den Anfang der Coordinaten nach ε verlegt, indem ...an in (f) für y substituirt $y + \frac{\alpha}{\pi}$, wodurch sich (f) verwandelt in

$$A \cos \pi x + B \cos (\pi y + \alpha) = 0$$

...er

$$A (\cos \pi x - \cos \pi y) - \sqrt{B^2 - A^2} \sin \pi y = 0$$

...ann die Cosinus und Sinus nach den Potenzen der Bogen entwickelt, mit ...ernachlässigung derer, welche die zweite übersteigen, so findet man

$$x^2 - y^2 = \frac{2y\sqrt{B^2-A^2}}{\pi A}$$

...onach die Curve in der Nähe von ε nahe mit einer gleichseitigen Hyper... übereinkommt, deren Scheitel sich in ε findet und deren große Axe $= \frac{2\sqrt{B^2-A^2}}{\pi A}$ in die Richtung der Linie a d fällt. Ein analoges Er...ebniß erhält man für den Punkt γ.

Solchergestalt erhält die Figur die in Fig. 42 vorgestellte Gestalt *), ...o jedoch je nach den relativen Werthen von A und B der Punkt ε seine ...age zwischen c′ und d, der Punkt γ zwischen d′ und b ändern kann. Je ...äher der Werth von A dem Werthe von B kommt, um so näher fällt ...er Punkt ε an d und γ an b; je kleiner dagegen A gegen B wird, um ... näher fällt ε an c′, γ an d′. In beiden Gränzfällen wird die Curve ...u einer Geraden; im ersten zu einer Diagonale d b, im zweiten zu der ...inie c′d′.

Durch dieselbe Herleitung findet man, daß die Fälle, wo A und B ...ngleiches Vorzeichen habe, und wo B < A ist, sich von dem vorigen bloß ...urch die verschiedene Lage der Curve unterscheiden, so daß im Ganzen ... Lagen derselben Curve möglich sind (wie sich auch leicht a priori vor...auszusehen ließ), welche folgenden 4 Fällen entsprechen:

A < B; gleiches Vorzeichen.
A < B; ungleiches Vorzeichen.
A > B; gleiches Vorzeichen.
A > B; ungleiches Vorzeichen.

Für den dritten Fall, m = 1, n = 3. Man findet hier nach ...ehöriger Transformation die drei Factoren:

$$\sin \pi x = 0 \quad \sin \pi y = 0$$

$$A (2 \cos 2\pi x + 1) + B (2 \cos 2\pi y + 1) = 0$$

...rörtern wir die Figuren (43 bis 48), die sich aus dem letzten Factor für

*) Bloß die ausgezogenen Linien dienen zur Bezeichnung der Klangfigur, die ...punktirten Linien sind bloß der Orientirung halber verzeichnet.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Curve $\alpha\beta\delta\gamma$ in Fig. (46) hat bei α und δ hyperbolische Krümmung, ist β und γ gerade. Der Durchmesser $\alpha\delta$ beträgt ziemlich $\frac{3}{4}$ (genauer 0,856) einer Seite der Membran; der Durchmesser $\epsilon\eta$ oder $\zeta\vartheta$ genau der Diagonale. Bei β und γ beträgt die Neigung der Curve gegen 90°, bei ϵ und ζ 18° 34′ oder die Tangenten der Neigungen sind respectiv $\sqrt{\frac{1}{3}}$ und $\pm\frac{1}{3}$.

$B = -3A$

$$3\cos 2\pi y = 1 + \cos 2\pi x$$

Curve $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ in Fig. (47). Bei ϵ und β hyperbolische Krümmung, η, ϑ, ζ, γ parabolische Krümmung mit einem Parameter $= \frac{3}{\pi}$; $= 0{,}26782$ einer Seite der Membran, $\delta\alpha$ oder $\zeta\gamma$ = der Hälfte Seite der Membran; $\eta\vartheta = \frac{1}{3}$ der Diagonale; die Neigung der Curve bei η und ϑ gegen die Axe der x = 18° 34′. Für $x = \frac{1}{4}$ ist $= 0{,}223$.

$B = 10A$

$$11 - 2\cos 2\pi x - 20\cos 2\pi y = 0$$

Curve $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ in Fig. (48). Bei ϵ und β elliptische, bei $\alpha, \delta, \zeta, \gamma$ hyperbolische Krümmung. $\epsilon\beta = 0{,}3508$ einer Seite. $\alpha\delta = \zeta\gamma = 0{,}2752$ der Seite. Die Neigung der Curve da, wo sie die Diagonale schneidet, gegen die Axe der x 5° 42′.

Für den vierten Fall, $m = 2$, $n = 2$. Für diesen Fall wandelt sich die Gleichung (b) in

$$(A + B)\sin 2\pi x \sin 2\pi y = 0$$

mithin hat man blos die beiden Factoren:

$$\sin 2\pi x = 0;\ \sin 2\pi y = 0,\ \text{d. i.}$$

$$x = \frac{i}{2};\ y = \frac{i'}{2}$$

woraus ein Kreuz durch die Mitte der Scheibe folgt.

Auf ähnliche Weise wird man leicht die einfachern Klangfiguren für rechteckige Membranen bestimmen können, deren Seiten ungleich aber commensurabel sind.

Messungen von Klangfiguren auf quadratischen Scheiben von Strehlke *).

Für quadratische oder rechteckige starre Scheiben hat Poisson die Klangfiguren bis jetzt noch nicht hergeleitet. Dagegen besitzen wir von Strehlke erfahrungsmäßige Messungen über diese Klangfiguren. Derselbe fand, indem er die Coordinatenverhältnisse von Klangfiguren, die mit großer Sorgfalt auf quadratischen Scheiben hervorgebracht waren, bestimmte, daß diese Verhältnisse bei den einfachern Figuren so beschaffen sind, daß eine

*) Pogg. XVIII. 198.

[illegible] Fig. 49 dadurch zu erklären scheinen, daß [illegible] Scheibe die einfache Hyperbel der Fig. [illegible] partiellen Hyperbeln mit ihren [illegible]

Strehlke hat die Zahlencoefficienten der Gleichungen für [illegible] von ihm untersuchte Figuren aus [illegible] Messungen der Coordinaten [illegible] und angeführt. Wir begnügen uns hier, ein Beispiel anzuführen.

Die Scheiben waren auf die S. [illegible] angegebene Weise durch [illegible] oder die Finger unterstützt, und es wurden im Übrigen die [illegible] angegebenen Maßregeln befolgt. Strehlke hält seine Messungen, unter den günstigsten Umständen, welche dabei vorkommen, etwa bis auf [illegible] genau.

Eine der einfachsten Klangfiguren, welche man auf einer [illegible] erzeugen kann, ist die in Fig. 50 abgebildete. Man erhält dieselbe, wenn man 3 oder 4 Ecken des [illegible] und die Mitte einer [illegible] Seite derselben in Schwingung versetzt [illegible]. Auf solche Weise erhält man auf allen regelmäßigen [illegible] Scheiben von [illegible] aus 2 Zweigen bestehende [illegible], deren Asymptoten mit der Hauptaxe einen Winkel größer als 45° einschließen. Die Lage der [illegible] der beiden Hyperbeläste läßt sich nicht [illegible] bestimmen, da sie entweder [illegible] CD [illegible] CB [illegible]

[illegible]

nfangspunkte der Coordinaten wurde der Punkt B (Fig. 50) ge- und unter der Voraussetzung, daß die Curve ein Kegelschnitt sey, leichung

$$y^2 = px + qx^2,$$

wahrscheinlichsten Werthe der Coefficienten p und q nach der Me- er kleinsten Quadrate bestimmt.

essungen auf einer Quadratscheibe von Messing, 34,3 in. lang 1‴,1 dick.

ie aus den gemessenen Werthen der Coordinaten abgeleitete Glei- var:

$$y^2 = 1{,}0836 . x (x + 6''',27)$$

gender Übereinstimmung der beobachteten und berechneten Werthe

Beobachtet		Berechnet.	Differenz.
x	y	y	
1,05	2,94	2,89	+0‴,05
1,72	3,88	3,86	+0 ,02
2,99	5,43	5,48	—0 ,05
4,43	7,15	7,18	—0 ,03
5,71	8,64	8,61	+0 ,03
9,20	12,41	12,42	—0 ,01

die Messungen selbst nur etwa bis auf $\frac{1}{20}$‴ genau sind, so kann e Übereinstimmung zwischen der Rechnung und der Beobachtung big nennen.

s den oben angeführten Gleichung folgt der Abstand der beiden lpunkte = 6‴,27. Die directe Messung ergab 6‴,25, und, als Figur noch zweimal, jedesmal mit neuem Staabe, wiederhervorge- warb, 6‴,26 und 6‴,24.

e angewandte Scheibe von Messing wurde nun mehreremale abge- , um wahrzunehmen, welche Veränderungen diese Operation in der r beobachteten Curve hervorbringen würde. Nachdem diese Scheibe m mit den zur Messung nöthigen Linien versehen worden, ergab zende Gleichung für den durch den Scheitelpunkt B gehenden Theil perbel:

$$y^2 = 1{,}1032 . x . (x + 6''',228).$$

e Übereinstimmung der berechneten mit den beobachteten Werthen ersieht man aus folgender Zusammenstellung.

VI. Musikalische Instrumente.

Äolsharfe, Geader, Maultrommel, Zungenpfeifen.)

Über die Töne der Äolsharfe von Pellisow *).

Pellisow hat durch Versuche mit der Äolsharfe folgende Punkte emittelt:

1) Berührt man die Saite einer Äolsharfe, während sie im Winde
ı gewissen Ton gibt, leise in einem ihrer natürlichen Schwingungs-
m, so wird der Ton dadurch nicht gestört, dagegen er sogleich ver-
ndet, wenn man die Stelle der Berührung nur um ein Weniges
ückt.

2) Dessenungeachtet aber theilt sich eine Saite, die ohne alle Berüh-
der Wirkung des Windes ausgesetzt ist, nie in aliquote Theile, un-
ter der verschiedenen Töne, die sie unter dem Einfluß desselben hervor-
ingen vermag.

3) Die Töne, welche die Saite einer Äolsharfe bei gleichbleibender
nnung liefert, kommen auch nicht mit der Reihenfolge derer überein,
ie durch eine Theilung in aliquote Theile geben könnte.

4) Ihre Höhe, d. h. die Schwingungszahl, die ihnen entspricht, steht
ıehr, so weit aus den unvollkommenen Beobachtungsmitteln geschlossen
en kann, nahe im Verhältniß der Schnelligkeit des Windes, unter
n Einfluß die Töne entstehen.

5) Die Töne der Äolsharfe erklingen ganz rein ohne alle mitklingende
ntöne.

6) Der Luftstrom braucht zur Hervorbringung der Äolstöne nicht noth-
ig die Breite der Saite zu haben, die vielmehr zum Theil dagegen
ügt seyn kann; auch ist es völlig einerlei, welchen Saitentheil der
trom trifft, nur fallen die Töne verhältnißmäßig um so niedriger aus,
iner der Theil ist, der vom Winde getroffen wird.

7) Bei allen durch den Stoß der Luft erregten Äolstönen ist durchaus
durch Instrumente meßbare Transversalschwingung zu bemerken,
ı selbst der Ton so intensiv ist, daß er durch zwei wohlverschlossene
ner gehört werden kann.

Es leuchtet nach diesen erfahrungsmäßigen Umständen, wozu die nä-
Belege unten folgen sollen, ein, daß die Entstehung der Äolstöne
durch gewöhnliche transversale oder longitudinale Schwingungen
anzen Saite oder aliquoter Theile derselben erklärlich werden, auch
Pellisow zur Widerlegung dieser, früher von Young (Gilb. Ann.
t. 1. Jahrg. 1802) ausgesprochenen, Ansicht noch besondere Erörterun-
hinzugefügt. Er selbst erklärt nach der S. 256 angegebenen Ansicht

*) Pogg. XIX. S. 237.

Grade der Elevation des Anemometers.	Geschwindigkeit des Windes.	Äolstöne.	Schwingungszahlen.	Aliquote Saitentheile.
5°	5,99	g	191,8	1
10	9,24	$\bar{d}$	255,6	$\frac{2}{3}$
15	11,20	$\bar{g}$	283,6	$\frac{1}{2}$
20	13,24	$\bar{h}$	450,0	$\frac{2}{5}$
25	15,28	$\bar{\bar{d}}$	511,2	$\frac{1}{3}$
30	17,48	$\bar{\bar{f}}$	609,8	$\frac{64}{243}$
35	19,78	$\bar{\bar{g}}$	767,2	$\frac{1}{4}$
40	22,44	$\bar{\bar{a}}$	774,8	$\frac{2}{9}$

Wie man sieht, ist die Höhe des jedesmal erscheinenden Tones so ziemli der Schnelle des Luftstroms proportional.

Pellisow bemerkt hierbei, daß diese Resultate die Frucht zahlreich Beobachtungen seyen; denn es ist mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden jedem Tone entsprechenden Winkel des Anemometerflügels im Au blicke seines Entstehens mit der gehörigen Genauigkeit abzulesen, da n blos die Art des Windes, sondern die absolute Spannung der Luft s wesentlichen Einfluß auf die Bildung der Töne hat. Ist jedoch einmal Winkel des Flügels bekannt, unter welchem die Saite ihren Grundton giebt, so befolgen die Winkel, unter welchen die übrigen Töne erschei immer ihr ursprüngliches eben bemerktes Verhältniß, so daß man, r man sich eine gewisse Fertigkeit in Beobachtung des Anemometers erwo hat, aus dem Stande desselben jeden Ton, der eben diesem Stande entspr genau voraus bestimmen kann. Der Ton wird unter diesen Umständen gleich erscheinen, aber auch sogleich wieder aufhören, sobald der An meterflügel seinen Stand verändert und nur dann wieder erscheinen, der Ton den diesem Flügel zugehörigen Winkel bildet.

Noch bemerkt Pellisow, daß, der Windflügel mochte durch die walt des Luftstoßes auf irgend eine beliebige Höhe gehoben werden, während seines Steigens so lange kein Ton erschien, bis er das Mari seiner Höhe für den Augenblick erreicht hatte; beim Zurücksinken des zeig hingegen, das eine viel längere Zeit als seine Erhebung nöthig erschienen die Töne höherer Ordnung absteigend und dem jedesmaligen genau entsprechend, auf welchem sich der Flügel in dem Augenblicke be

(u 6). Pellisow erwähnt, daß man die Breite des Luftstroms die Metallsaite treffe, selbst bis auf ¼ beschränken könne, unbeschadet ...ichen, Töne hervorzubringen, daß es völlig einerlei sey, auf w ...chen dieser Luftstrom treffe, und daß die Winkel, unter welch

beschränktem Luftstrome die Töne erscheinen, sich umgekehrt wie die Brei-
k des Luftstromes verhalten.

„Zu 7). Nicht nur mit Augen ist während des Tönens der Äolsfaite
ne Transversalschwingung wahrnehmbar, sondern gegen das Statthaben
rselben spricht auch folgender Versuch: Pellisow brachte die Saite zwi-
en zwei Mikrometerschrauben, deren Spitzen nur mehr (?) um $\frac{1}{1000}$ Theil
les Zolles entfernt waren, und setzte sie so dem Winde aus; allein die
one erschienen ungestört und verschwanden erst bei unmittelbarer Berüh-
ng der Saite durch die Schraubenspitzen.

Theorie der Maultrommel *).

Die Theorie der Maultrommel gründet sich auf den Satz (S. 261),
ß eine durch Mittheilung schwingende Luftsäule nicht isochronisch mit dem
bsttönenden Körper zu schwingen braucht, sondern daß die Zahl ihrer
Schwingungen auch ein Multiplum von der Zahl der Schwingungen des
bsttönenden Körpers seyn kann. Das Nähere wird aus Folgendem
hellen.

Die Maultrommel besteht aus einer elastischen Stahlzunge, mit dem
ıen Ende an einen messingenen oder eisernen Rahmen genietet. Das freie
nde der Zunge ist nach auswärts unter einem rechten Winkel gebogen, um
m Finger leicht zu verstatten, wenn es in den Mund gesteckt und mit
n beiden parallelen Enden des Rahmens fest an die Zähne gedrückt wird,
nzuschlagen. Die Schwingungen der Zunge selbst würden einen sehr tie-
n Ton geben. Bringt man das Instrument aber in den Mund, und
ndert durch verschiedene Bewegungen der Zunge und Lippen den innern
laum des Mundes: so wird, wenn die dem eingeschlossenen Luftraume zu-
mmende Zahl von Schwingungen ein Multiplum von der Zahl der Schwin-
ngen der selbsttönenden Zunge ist, der der Mundhöhle zukommende Ton
hört. Ist z. B. der Grundton der Zunge groß C, so können durch Mit-
eilung ihrer Schwingungen an den Luftraum im Munde folgende Töne
tstehen:

Multipla der Grundschwingungen der Zunge:

1..2..3..4..5..6..7..8..9..10..11..12..13..14..15..16 ꝛc. 32

Die entsprechenden Töne:

C c g c e g b c d e f+ g a– b h c c

ei den gewöhnlichen Maultrommeln können die drei ersten Töne der Reihe
cht hervorgebracht werden, weil die Höhlung im Munde für sie nicht
eit genug gemacht werden kann.

Die obige Scale einer Maultrommel ist offenbar zu unvollständig und
angelhaft, um nur die einfachsten Melodien hervorzubringen; diesem Man-
l kann jedoch durch Anwendung von zwei oder mehrern dieser Instru-

*) Wheatstone in Schweigg. J. LIII. 321.

kann, durch die übrige sofort die Zunge gegen das Loch und i[illegible] hineingedrückt werden, so daß die fernere Luft den Weg d[illegible] Mundstück verschlossen findet. Die Excursion der Zunge in das [illegible] geht nun so weit, bis die Reaction der Luft, welche im Innern [illegible] in Schwingung versetzt worden ist, verbunden mit der eigenen [illegible] der Zunge, sie wieder zurücktreibt und so das Loch des Mund[illegible] Neuem frei läßt. Das vorige Spiel der Öffnung und Verschließ[illegible] sich jetzt von Neuem wiederholen und ins Unbestimmte so lange fo[illegible] als man das Anblasen fortsetzt.

Es erhellt, daß solchergestalt drei Ursachen vorhanden sind, [illegible] den Ton bewirken können: 1) die Schwingung der Zunge; 2) die [illegible] gungen, in welche die Luft in der Röhre versetzt wird, und [illegible] durch die äußere Atmosphäre fortpflanzen; 3) die in schneller [illegible] succedirenden Luftstöße, welche dadurch hervorgebracht werden, da[illegible] abwechselnd durch die Öffnung zwischen den Rändern der Zunge [illegible] Mundstücks eintreten kann, und dann wieder durch Verschließu[illegible] Öffnung unterbrochen wird. Diese Luftstöße, indem sie aus der R[illegible] vortreten, wirken für sich erschütternd auf die äußere Atmosphäre, [illegible] sen dadurch Schallwellen in ihr hervor, die zu unserem Ohr ge[illegible]

Wir werden weiterhin erörtern, welcher dieser Ursachen der [illegible] hörbare Ton der Zungenpfeife hauptsächlich beigemessen werden [illegible] wie dieselben überhaupt in einander eingreifen. Für jetzt genügt e[illegible] den namhaft gemacht zu haben.

Es muß erinnert werden, daß Töne aus einer Zungenpfeife n[illegible] auf die vorhin beschriebene Art, sondern auch auf verschiedene and[illegible] hervorgebracht werden können. So kann man, anstatt mit [illegible] gegen das Mundstück zu blasen, vielmehr die Luft aus dem [illegible] Röhre aussaugen oder [illegible] lassen sich überhaupt die [illegible] Töne aus einer Zungenpfeife hervor[illegible] [illegible]

I. [illegible] Der Luftstrom treibt die Zunge in die Öffnung des [illegible] hinein und strebt sie zu verschließen. Diese Erregungsart, [illegible] [illegible]

II. [illegible] Der Luftstrom treibt die Zunge von der Öffnung [illegible] Mundstücks zurück. Diese Erregungsart [illegible] wenn auf [illegible] der Zunge [illegible] Luft [illegible] Innern wirkt.

III. [illegible] Der Luftstrom [illegible] die Röhre [illegible]

[illegible]

[illegible] Dies ist derselbe Fall, wenn man die Röhre der Pfeife ver[illegible] [illegible] man auf die Zunge des Mundstücks bläst.

[illegible] werden uns im Folgenden blos auf die Betrachtung der ersten [illegible] der Töne in Zungenpfeifen beschränken, welches die allein [illegible] ist [illegible].

[illegible]Gesetze, nach denen die Mundstücke für sich tönen. 1) Die [illegible] lehrt, daß die Tonhöhe des Mundstücks dadurch keine Änderung [illegible], daß die Dimensionen des Lochs die der Zunge etwas übertreffen, [illegible] ein vollkommener Verschluß der Öffnung Statt finden kann. [illegible] der Ton um so schwieriger an und läßt sich um so schwerer [illegible] und schwächen, einen je größern Zwischenraum man zwischen den [illegible] der Zunge und denen des Lochs läßt.

[illegible] Die Tonhöhe des Mundstücks ist ganz unabhängig von der Stärke [illegible] Beschaffenheit des Luftstroms, sondern hängt blos von den Dimensio[illegible] und der Elasticität der Zunge ab, so daß ein Mundstück durch Anbla[illegible] Ton ganz von derselben Höhe giebt, als wenn man dessen Zunge [illegible], an einem Ende befestigt, durch irgend einen Impuls in Schwin[illegible] versetzt. Die Verbindung mit der kurzen Röhre, welche das Mund[illegible] bildet, ändert jedoch nicht die Tonhöhe der Zunge (wohl aber die [illegible] des Tons) ab **).

*) Vgl. über die andern Classen Weber's Diss. p. [illegible] Pogg. XVI. [illegible] [illegible] 1[illegible].

**) Die Versuche Weber's über diesen Gegenstand sind folgende: Ein Me[illegible] von $11\frac{1}{2}$ Lin. Länge, $2\frac{1}{2}$ Lin. Breite und $\frac{1}{3}$ Lin. Dicke gab, an einem [illegible] befestigt und für sich durch einen Anstoß in Schwingung versetzt, den Ton [illegible] ihr sechster Theil abgeschnitten worden war, gab sie einen Ton zwischen [illegible] und $\overline{\overline{d}}$, wie nach dem (S. [illegible] erwähnten) Gesetz schwingender Stäbe, (das [illegible]blatt ist nur als ein sehr flacher Stab anzusehen) der Fall seyn muß, zu[illegible] dessen die Schwingungszahlen zweier Stäbe von gleicher Dicke und Materie, [illegible] ungleicher Länge, sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Längen verhalten. [illegible] der That ist das Intervall von $\overline{g}$ zu einem zwischen $\overline{\overline{cis}}$ und $\overline{\overline{d}}$ fallenden [illegible] etwas kleiner als eine Quinte oder als 36 : 25, welches die Quadrate von [illegible] und 5, den verhältnißmäßigen Längen des Metallblatts, sind). Wenn man [illegible]selbe Blatt vor seiner Verkürzung am Mundstück durch einen Luftstrom in [illegible]ingung versetzte, so gab es ebenfalls den Ton $\overline{g}$, und nach Verkürzung um [illegible] 6ten Theil den Ton zwischen $\overline{\overline{cis}}$ und $\overline{\overline{d}}$. Soll jedoch dieser Versuch in voll[illegible]ommener Genauigkeit ausfallen, so muß man dabei den befestigten Theil g h k l [illegible] Mundstücks durch einen Schraubstock fest anpressen, damit jede mögliche [illegible]ingung desselben vermieden werde, sonst fällt der Ton etwas tiefer aus, als [illegible] dem Verhältniß der Verkürzung der Zunge Statt finden sollte, weil dann [illegible]lich noch eine gewisse schwingende Länge ihr hinzuzurechnen ist. Bei frühern [illegible]suchen, wo Weber diese Vorsicht vernachlässigte und die Verkürzung der [illegible]nge blos mit einer Krücke, wie man bei den Mundstücken der Orgelpfeifen [illegible], zu bewerkstelligen suchte, konnte er daher jenes genaue Entsprechen der [illegible]sultate mit der Theorie nicht erhalten und eben so wenig gelang dies Biot, [illegible] er ebenfalls blos mit der Krücke die Verkürzung vornahm.

ab; (die Tonhöhe sinkt hier fast eben so schnell, als die Länge der Luftsäule wächst).

δ) Während die Länge der Luftsäule stufenweise von 3 a bis 4 a zunimmt, wird der Ton noch schneller tief, bis er zuletzt genau eine ganze Octave tiefer als der Ton der Platte allein ist; die Tonhöhe nimmt dabei vollkommen eben so schnell ab, als die Länge der Röhre zu.

Hiermit schließt die Reihe von Tönen, die man durch die stufenweise Verlängerung der an die Zungenpfeife angesetzten Röhre hervorbringen kann. Bei fortgesetzter Verlängerung derselben wird der Ton nicht nur nicht tiefer, sondern er springt plötzlich auf den hohen Ton zurück, welchen die isolirte Zunge giebt*), und dieser hohe Ton wird nun, wenn die Röhre abermals mehr und mehr verlängert wird, auf eine ähnliche Weise allmälig tiefer, als dies vorher der Fall war. Denn:

ε) während die Länge der Luftsäule von 4 a bis 5 a wächst, verändert sich der Ton kaum merklich.

ζ) Während die Länge der Luftsäule von 5 a bis 6 a verlängert wird, ist der Ton merklich tiefer, als der Ton der isolirt schwingenden Zunge, indessen sinkt die Tonhöhe in merklich langsamern Verhältnisse, als die Länge der Luftsäule zunimmt.

η) Während die Länge der Luftsäule von 6 a bis 7 a zunimmt, weicht der Ton schnell vom Tone der isolirt schwingenden Zunge ab, und die Dauer der Schwingungen wächst fast eben so schnell, als die Länge der Luftsäule.

θ) Während die Länge der Luftsäule von 7 a bis 8 a wächst, wird der Ton noch schneller tief, bis er zuletzt eine Quarte tiefer als der Ton der isolirten Zunge ist. Die Dauer der Schwingungen wächst dabei vollkommen gleich schnell, als die Länge der Luftsäule.

Treibt man die Verlängerung der Luftsäule nun noch weiter, so springt der Ton zuerst abermals auf den Ton der abgesonderten Zunge zurück, welcher bis zu 9 a merklich constant bleibt, von da an wieder merklich sinkt, bis er bei 12 a um eine kleine Terz tiefer geworden ist, als der Ton der Zunge.

In dieser Art geht der Fortschritt weiter.

Man erkennt leicht, welchem Gesetz die Sprünge dabei folgen. Der erste Sprung geschah um eine Octave, der zweite um eine Quart, der dritte um eine kleine Terz, wobei die Schwingungszahlen sich wie

$$1 : 2$$
$$3 : 4$$
$$5 : 6$$

verhalten. Bei den folgenden Sprüngen würden sich die Schwingungen wie

*) Im Übergange hierzu findet der Punkt der Röhrenlänge Statt, wo je nach der Kraft des Anblasens zwei verschiedene Töne hervorgebracht werden können.

7 : 8
9 : 10
11 : 12 u. s. f.

verhalten, welches nicht nur aus dem angegebenen Gesetze folgt, sondern auch von Weber direct bis zu dieser Ausdehnung durch Versuche bestätigt worden ist.

Es erhellt sonach, daß, durch je mehr Abstufungen der Röhrenlänge man schon geschritten ist, um so weniger vermag der Ton der Zungenpfeife durch fernere Vergrößerung dieser Länge unter den Ton der Zunge erniedrigt zu werden.

f) Betrachten wir den Anfang und Schluß jeder Periode, in welcher die Länge der Luftsäule jedesmal um 4a zunimmt, so finden wir, daß die Luftsäule in der Zungenpfeife im Anfange jeder Periode wie in einer offenen Labialpfeife, am Schlusse jeder Periode wie in einer gedeckten Labialpfeife schwingt.

g) Röhren verschiedener Länge geben in Verbindung mit demselben Mundstück dann und bloß dann den nämlichen Ton, wenn der Theil, um welchen die eine die andere übertrifft, so groß ist, daß er für sich und offen denselben Ton geben würde, als die ganze Zungenpfeife (Weber Diss. p. 18. Pogg. XVI. 435).

Zum Beweise und zur Erläuterung mehrerer dieser Gesetze folgen in nachstehenden Tabellen zwei der von Weber über diesen Gegenstand angestellten Versuchsreihen. In beiden Tabellen ist der Werth von a = 48 Lin. In der ersten sind die Töne, die den verschiedenen beigeschriebenen Röhrenlängen entsprechen, durch musikalische Bezeichnungen, in der zweiten durch die Schwingungszahlen in 1 Secunde ausgedrückt *).

*) Die Zunge des zu beiden Versuchen angewandten Mundstücks war von Messing, 12,6 Linien lang, 0,22 Linien dick, 2,5 Linien breit und machte 776 Schwingungen in 1 Secunde, welches dem Tone $\bar{\bar{g}}$ entspricht. Eine an beiden Enden offene Luftsäule, welche allein denselben Ton als diese Zunge gab, war 195,3 Linien lang, mithin a gleich dem Viertel hiervon, welches 48,8 Linien ist, wie oben angegeben. Bei den Versuchen in Tab. I. war die Röhre 5,5 Linien, bei den in II. 4,7 Linien weit. Die Röhre war bei dem ersten Versuche am längsten, und nach jeder Verkürzung wurde der Ton der Zungenpfeife mit Hülfe des Monochords untersucht.

Tabelle I.

1″ 6‴ | 2″ 1‴ | 3″ 5‴ | = a | 4″ 9‴ | 5″ 5‴ | 6″ 1‴ | 6″ 7‴ | 6″ 11‴ | 7″ 6‴ | 7″ 10‴

= 2 a | 9″ 4‴ | 10″ 9‴ | = 3 a | 12″ 3‴ | 13″ 8‴ | 14″ 7‴ | = 4 a | 16″ 2‴ | 17″ 10‴ | 19″ 4‴

= 5 a | 21″ 4‴ | 22″ 5‴ | 24″ — | = 6 a | 25″ 6‴ | 27″ — | = 7 a | 28″ 10‴ | 30″ 9‴ | 32″ 9‴

= 8 a | 34″ 8‴ | 35″ 7‴ | = 9 a | 37″ 7‴ | 39″ 4‴ | = 10 a | 41″ 4‴ | 42″ — | 44″ 8‴ | 45″ 4‴ | = 11 a | 46″ 10‴

= 12 a | 49″ 1‴ | 51″ 6‴ | 52″ 3‴ | = 13 a | 52″ 11‴ | 53″ 6‴ | 54″ 1‴ | 54″ 8‴ | = 14 a | 57″ 11‴ | 59″ 7‴

= 15 a | 61″ 3‴ | 62″ 9‴ | 64″ — | = 16 a | 65″ 7‴ | 67″ 8‴ | = 17 a | 69″ 2‴ | 72″ 2‴ | 75″ 2‴

Zungenpfeifen.

Tabelle II.

von 0 bis 2a	776,1			½ a
	760,5			a
	721,9			2 a
von 2 a bis 4 a	681,5			2 a + 5''',8
	670,5			2 a + 12 ,0
	663,8			2 a + 18 ,5
	624,2			2 a + 25 ,4
	594,7			2 a + 32 ,7
	552,8			2 a + 41 ,2
	518,5			3 a +
	481,1			3 a + 8 ,6
	462,9			3 a + 17 ,9
	442,7			3 a + 27 ,6
	416,4	778,1		3 a + 38 ,0
	386,7	775,7		4 a
von 4 a bis 6 a		756,7		5 a
		730,4		6 a
von 6 a bis 8 a		700,0		6 a + 17''',5
		679,4		6 a + 36 ,0
		638,3		7 a + 6 ,6
		618,2		7 a + 27 ,4
		567,1	774,1	8 a
von 8 a bis 10 a			760,6	9 a
			738,6	10 a

In Pogg. XVI. 432 ist noch eine Versuchsreihe beigefügt.

Nähere Erörterungen über die Entstehung des Tones in Zungenpfeifen.

Wir haben S. 316 die Umstände namhaft gemacht, welche zur Erzeugung des Tons der Zungenpfeifen mitwirken können. Diese Umstände greifen folgendermaßen in einander ein:

Die Zunge wird durch das Anblasen in Schwingung versetzt und bewirkt hierdurch ein abwechselndes Schließen und Öffnen der Öffnung des Mundstücks, wodurch eine der Zahl der Schwingungen der Zunge entsprechende Zahl Luftstöße hervorgebracht wird. Durch die Schwingung der Zunge wird zugleich die in der Röhre befindliche Luftsäule in sogenannte stehende Schwingung *) versetzt, und schwingt nun mit der Zunge zu-

*) Eine stehende Schwingung ist eine solche, in welcher sich Maxima der

gleich. Nun würden Zunge und Luftsäule, wenn man sie für sich tönen ließe, jedes ihre besondere Schwingungszahl haben, indem diese von den besonderen Dimensionen der Zunge und Röhre abhängen; läßt man sie aber in der Zungenpfeife durch Anblasen derselben zusammenschwingen, so wirken ihre Schwingungen wechselseitig so auf einander ein, daß sie sich zur Gleichheit accommodiren, wenn sie auch für sich sehr verschiedene Schwingungszahlen haben würden. Dieser Umstand schließt folgende drei Fälle ein, welche sich sämmtlich in der Erfahrung wieder finden.

1) Bloß die Zunge ändert die ihr an sich zukommende Schwingungszahl, um sie der Luftsäule anzupassen, während die eigenthümliche Schwingungszahl der Luftsäule dieselbe bleibt, als ihr nach Maßgabe ihrer Länge und Elasticität zukommt.

2) Es findet der umgekehrte Fall Statt.

3) Sowohl Zunge als Luftsäule ändern die ihnen für sich zukommende Schwingungszahl, um eine dritte gemeinschaftliche Schwingungszahl anzunehmen.

Der erste Fall findet dann Statt, wenn die Röhre der Zungenpfeife eine solche Länge hat, daß sie bei der Abtheilung (nach Satz 5. S. 323) keinen Rest läßt und man sie stark anbläßt. Dann nämlich ist der Ton stets einer derer, die eine gedeckte Röhre von gleicher Länge mit der Zungenpfeife zu geben vermag *), und unterscheidet sich entweder um eine Octave, Quarte, Terz oder andere Intervalle (S. 320) von dem eigenthümlichen Tone, den die Zunge für sich zu geben vermöchte. Hier also, wo der Ton der ganzen Zungenpfeife derselbe als der Ton der abgesonderten Röhre ist, hat der letztere die Zunge genöthigt, ihre Schwingungen zur Gleichheit mit denen der abgesonderten Röhre zu accommodiren.

Auch dann, wenn die Röhre eine solche Länge hat, daß bei der Abtheilung nach Satz 2. S. 318 ein Rest bleibt, der über $\frac{3}{4}$ beträgt, findet der erste Fall noch Statt. Dagegen wird der zweite Fall Statt finden, wenn hierbei (Satz 1. S. 318) ein Rest bleibt, der unter $\frac{1}{4}$ beträgt; endlich der dritte Fall, wenn der Rest zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ fällt.

Es könnte zweifelhaft scheinen, ob die Luft in Zungenpfeifen überhaupt in stehende Schwingung geräth, da der Ton derselben allein schon durch die rasche Folge von Luftstößen, welche von ihr aus in die äußere Atmosphäre heraustreten, erklärlich wird, unabhängig von stehenden Schwingungen der in ihr enthaltenen Luftsäule. Mit anderen Worten, da ein

Schwingungen und Schwingungsknoten bilden und wo die Geschwindigkeit der Schwingungen von der Größe der schwingenden Abtheilungen abhängt, wie dies bei tönenden Saiten und Labialpfeifen der Fall ist; bei bloßen Wellenbewegungen, wie sie die Wellen darstellen, die ein ins Wasser geworfener Stein hervorbringt, oder den Schallwellen, welche den Ton durch die Luft zu unserm Gehör fortpflanzen, finden keine Schwingungsknoten Statt.

*) Durch das starke Anblasen wird die Röhre der Zungenpfeife wirklich zu einer gedeckten, indem dann die Zunge so weit in das Loch hineingedrückt wird, daß sie auch beim Schwingen dasselbe beständig verschließt.

Ton schon entstehen muß, wenn aus Zungenpfeifen eine schnelle Folge von Luftstößen hervorbringt, so scheint es nicht nöthig anzunehmen, daß die Luftsäule in der Röhre noch besondere Schwingungen mache, welche mit diesem Tone harmoniren, und es scheint dies für den ersten Anblick um so unnöthiger, da sich jedenfalls durch Erfahrung nachweisen läßt, daß, wenn auch Schwingungen der Zunge und Luftsäule wirklich Statt finden sollten (was bei ersterer unzweifelhaft ist), doch der starke und volle Ton nicht unmittelbar von ihr, sondern in der That von den Luftstößen abhängt.

Zum Belege dieses letzten Umstandes läßt sich Folgendes anführen (Pogg. XVI. 421).

1) Der starke und volle Ton der Zungenpfeife kann nicht von den Schwingungen der Zunge abhängen: denn man kann eine abgesonderte Zunge für sich durch Streichen mit dem Violinbogen in die heftigsten Schwingungen versetzen, ihr Klang wird nur schwach, nur ganz nahe hörbar und weit weniger voll und weniger stark sein, als der Ton der Zungenpfeife, welche angeblasen wird.

2) Er kann auch nicht von den Schwingungen der Luftsäule abhängen, denn man kann die Luftsäule ganz weglassen, und von der Röhre, welche vorher die Luftsäule einschließt, bloß den Rahmen, welcher die Zunge zunächst umgiebt, übrig lassen. Umschließt man dann diesen Rahmen rings an seinen Rändern mit den Lippen und bläst (wie bei der sogenannten Mundharmonica), so entsteht ein Ton, der seiner Höhe nach fast derselbe, seinem Klange nach aber völlig derselbe ist, als wenn eine kürzere Luftsäule mitschwänge.

Es bleiben somit nach letzterm Versuche bloß die in rascher Folge sich succedirenden Luftstöße übrig, die durch abwechselndes Durchlassen und Intercipiren des Luftstroms hervorgebracht werden, welche man als nächste Ursache des Tones in den Zungenpfeifen ansehen kann.

Allein darin zeigt sich der Einfluß und das Vorhandensein von Schwingungen der Luftsäule ebensowohl als der Zunge, daß dadurch die Schnelligkeit, in der sich jene Luftstöße succediren, auf gewisse Weise regulirt wird. Wären keine Schwingungen der Luftsäule vorhanden, so müßte der Ton der Zungenpfeife immer derselbe sein, als der der Zunge für sich, indem dann die Interceptionen des Luftstroms der Zahl der Schwingungen der abgesonderten Zunge jedenfalls entsprechen würden; allein die Erfahrung hat gelehrt, daß unter vielen Umständen der Ton ein ganz anderer sei, als der Zunge für sich zukommt; dies setzt einen Einfluß voraus, welcher die Zunge nöthigt, die ihr eigenthümliche Schwingungszahl, von welcher die Zahl der Interceptionen des Luftstroms abhängt, zu ändern; und dieser Einfluß kann in nichts Anderm als in Schwingungen der Luftsäule gesucht werden, da wir finden, daß bei successiver Verlängerung einer Zungenpfeife eine analoge periodische Wiederkehr von Erscheinungen eintritt, als wir bei Verlängerung einer Labialpfeife wahrnehmen, worin unbezweifelt stehende Schwingungen Statt finden.

Nicht also die schwingende Zunge selbst giebt den Ton und erregt die Schallwellen, die sich von der Zungenpfeife zu uns verbreiten, sondern die Luft; nicht aber die schwingende Luft in der Röhre der Zungenpfeife, sondern der periodisch gehemmte, stoßweise hervorbringende Luftstrom. Die Zunge aber regulirt die Stöße des Luftstroms, bestimmt die Zeiträume, die von Stoß zu Stoß verfließen; und die Dauer der durch diese Stöße in der äußern Luft hervorgebrachten Schallwellen wird so der Dauer der Zungenschwingungen gleich gemacht. Die Dauer dieser Zungenschwingungen aber hängt nicht allein von der eigenthümlichen Elasticität und den Dimensionen der Zunge, sondern auch von dem Einfluße ab, den die Schwingungen der Luft in der Röhre auf die Zunge äußern.

Die wahre naturgemäße Vorstellung von dem Ineinandergreifen und Aufeinanderwirken der verschiedenen Elemente, die bei der Tonerregung durch eine Zungenpfeife in Betracht kommen, läßt sich hiernach in folgende drei Sätze zusammenfassen:

1) der volle und starke Ton der Zungenpfeife ist die unmittelbare Folge von Luftstößen;
2) die Zahl der Luftstöße in einem bestimmten Zeitraume, z. B. in 1 Secunde, ist die unmittelbare Folge der Schwingungen der Zunge;
3) die Zahl der Schwingungen der Zunge in einem bestimmten Zeitraume, z. B. in einer Secunde, ist die unmittelbare Folge eben sowohl ihrer eigenthümlichen Elasticität, als auch des abwechselnd zu- und abnehmenden, auf sie wirkenden Druckes der benachbarten, in der Röhre schwingenden Luft.

Weber vergleicht auf interessante Weise die, in Abhängigkeit von der Zunge schwingende und auf deren Schwingungen zurückwirkende, Luftsäule der Zungenpfeifen mit einer Pendelkugel, deren Faden mit seinem obern Ende an die Kugel eines andern Pendels geknüpft ist. Daniel Bernoulli und Euler *) haben bewiesen, daß hier in gewissen Fällen beide Kugeln auch pendelartig schwingen und jede Schwingung gleichzeitig beginnen und endigen können. Wie leicht zu erachten aber wird, wenn man den Faden der untern Kugel durchschneidet, der obere noch allein, nach einem von der Länge ihres Fadens abhängigen, Tacte fortschwingen, gerade wie die Zunge der Zungenpfeife auch nach Entfernung der Luftsäule noch für sich fortzuschwingen vermag, nach dem von ihrer Elasticität abhängigen Tacte; dagegen die Schwingung des untern Pendels wie die Luftsäule in der Zungenpfeife nur in ihrer Verbindung respectiv mit dem obern Pendel und der Zunge Statt finden und, hiervon getrennt, einer neuen Aufhängung oder bewegenden Ursache bedürfen würde, um in Schwingung gerathen zu können.

*) Commentar. Petrop. T. VI. p. 108. Acta Petrop. pro anno 1779. pars prior p. 89.

Formeln für die Zungenpfeifen *).

Weber hat aus den Schwingungsgesetzen elastischer Platten und Luftsäulen und dem Umstande, daß sich, der Erfahrung zufolge, in Zungenpfeifen beide zur Gleichheit accommodiren, die Formel abgeleitet, aus welchen sich der Ton einer gegebenen Zungenpfeife aus der Beschaffenheit der Zunge und Röhre ableiten läßt, eine Formel, welche zugleich die Beziehung des Tons der Zungenpfeife zur Schallgeschwindigkeit enthält und zur Berechnung letzterer aus ersterer dienen kann.

Es sei:

a die Zahl der Schwingungen der isolirten Platte oder Zunge in einer Secunde.

a' die Zahl der isochronischen Schwingungen der Platte und Luftsäule, welche den Ton der Zungenpfeife bestimmt.

Ω die Geschwindigkeit des Schalls in 1 Sec.

g der Fallraum in der ersten Secunde $= 2174$ Lin nach Borda;

k das Verhältniß der Druckeszunahme zur Dichtigkeitszunahme in einer Schallwelle $= 1,375$ nach Gay-Lussac und Welter;

l die Länge der Zungenpfeife;

p das Gewicht eines Quecksilberprisma's, das die Flächeneinheit zur Basis, die Barometerhöhe beim mittlern Druck der Luftsäule zur Höhe hat;

q das Gewicht, welches der elastischen Kraft der Platte, wenn sie um die Längeneinheit von der Lage des Gleichgewichts entfernt wäre, auf einer Strecke von der Größe der Flächeneinheit das Gleichgewicht hielte, unter der Voraussetzung, daß die elastische Kraft der Platte ihrer Entfernung von der Lage des Gleichgewichts stets proportional bleibe.

μ die Oberfläche des schwingenden Theils der Platte, dividirt durch den Querschnitt der Luftsäule **);

$\pi = 3,14159...$;

ϱ das Gewicht eines Stückes der Platte von der Größe der Flächeneinheit.

$$a = \frac{2g\mu p}{\pi\varrho}$$

so hat man

*) Pogg. XVII. 193.

**) Es muß bemerkt werden, daß dieser Werth von μ eigentlich nur für den Fall ganz genau wäre, wo alle Puncte der Zunge beim Schwingen gleiche Excursionen machten, mithin für den idealen Fall, wo eine der Länge der Zungenpfeife parallele Platte oder Zunge beim Hin- und Zurückoscilliren ihr parallel bliebe, was begreiflich bei den wirklichen Zungen, die an einem Ende befestigt sind und bloß mit dem freien Ende schwingen, nicht der Fall ist. Indeß hat die Vergleichung der Resultate obiger Formel mit der Erfahrung gelehrt, daß man die Resultate der letztern wirklich mit genügender Genauigkeit repräsentirt, wenn man für μ den nach oben bestimmten Werth bei unseren Zungenpfeifen setzt. (Vgl. Pogg. XVII. S. 221 ff.)

$$nn = n'n' + \frac{akn'}{\Omega'} \text{ tang } \frac{\pi l n'}{\Omega} \text{*)}$$

Daß diese Formel der Erfahrung entspricht, hat Weber dadurch bewährt, daß er einmal Ω, das andere mal n aus den übrigen bekannten Elementen für gegebene Zungenpfeifen aus der Formel berechnete und die so erhaltenen Werthe in hinreichender Annäherung übereinstimmend mit der Formel fand.

Um aus der vorstehenden Formel die Formel für Bestimmung der Schallgeschwindigkeit aus dem Tone und der Beschaffenheit der Zungenpfeifen herzuleiten (S. 249), ist in Betracht zu ziehen, daß, je mehr sich der Bogen $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ einem Quadranten nähert oder, mit andern Worten, je näher Ω dem Werthe $2 l n'$ kommt, der für gedeckte Röhren bei vernachlässigtem Einfluß des Mundstückes gilt, desto weniger unterscheidet sich

$$\text{tang. } \frac{\pi l n'}{\Omega} \text{ von } \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi l n'}{\Omega}\right)^{-1} \text{**)}$$

setzt man aber tang. $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ diesem Werthe gleich, so ergiebt sich für Ω der auf S. 249 angeführte Werth, so daß

$$\frac{2akn'}{\pi(nn - n'n')}$$

die bei der, aus Zungenpfeifen berechneten, Geschwindigkeit des Schalles anzubringende Correction wegen Einflusses des Mundstückes ist.

Man kann auch die obige Formel brauchen, um den Werth von k aus Versuchen mit Zungenpfeifen herzuleiten. Man hat nämlich

$$k = \frac{(nn - n'n')\,\Omega}{an' \text{ tang. } \frac{\pi l n'}{\Omega}}$$

Da der Factor k der Differenz $nn - n'n'$ direct und der tang. $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ umgekehrt proportional ist, so hat man hierzu solche Versuche zu wählen, wo die Differenz $nn - n'n'$ von bedeutender Größe und der Bogen $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ beträchtlich kleiner als 1 Quadrant, d. i. $l\,n'$ kleiner als $\frac{1}{2}$ ist. Nach Berechnung zweier Versuche fand Weber solchergestalt

$$k = 1{,}372,$$

*) In dem Falle, wo die Außenseite der Platte anstatt mit einem Behälter von verdichteter Luft, wie wir hier stets voraussetzen, vielmehr mit einem von verdünnter Luft communicirte, würde man bloß nöthig haben; das Zeichen + im zweiten Gliede der Gleichung, in das Zeichen — zu verwandeln.

**) Bei völliger Gleichheit von Ω und $2 l n'$ nämlich würde

$$\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi l n'}{\Omega}\right)^{-1} = \infty \text{ sein.}$$

[illegible], nach Laplace's Theorie aus den Versuchen von Gay-[illegible] und Welter berechneten, Werthe 1,375 merklich übereinstimmt. [illegible]e hi[illegible]bei = 1063 Par. Fuß (für 28° C.?) angenommen.

Compensirte Orgelpfeifen, von W. Weber*).

Weber setzte sich die Aufgabe, Orgelpfeifen aufzustellen, welche, wie schwach oder stark auch der Luftstrom sein mag, der den Ton in ihnen erregt, dennoch immer genau dieselbe Tonhöhe behalten. Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht nur von Wichtigkeit für manche akustische Untersuchungen, indem sie Töne von unveränderlicher Höhe verschafft, sondern verspricht auch Nutzen für die Ausübung der Musik, insofern die Orgel bis jetzt noch an der Mangelhaftigkeit litt, daß die Töne derselben nicht ohne Änderung der Höhe allmälig anwachsen und abnehmen können.

Folgende Betrachtungen führeten Weber zur Lösung dieser Aufgabe:

Es ist bekannt, daß der Ton einer angeschlagenen Stimmgabel im ersten Augenblicke etwas tiefer ist, als gegen das Ende, wo die Schwingungsbahnen ihrer Theilchen seh[illegible]eworden sind. „Der Ton der verhallenden Stimmgabel", sagt ma[illegible]t sich etwas in die Höhe". Eben so zieht sich der Ton jeder verhallenden Saite etwas in die Höhe. Überhaupt ist es eine Eigenthümlichkeit aller transversalschwingenden Körper, daß ihr Ton etwas tiefer bei stärkerer, etwas höher bei schwächerer Schwingung ist. Die umgekehrte Eigenthümlichkeit haben aber alle longitudinalschwingenden Körper, und im höchsten Grade findet sie sich bei longitudinalschwingenden Luftsäulen; denn statt, wie die transversal (durch Beugung) schwingenden Körper bei Verstärkung der Schwingungen tiefer zu tönen, tönen longitudinal (durch Verdichtung und Verdünnung) schwingende Körper dabei höher. „Der Ton eines Blaseinstruments", sagt man, „wird durch stärkeres Blasen in die Höhe getrieben". In beiden Fällen, bei Longitudinalschwingungen und bei Transversalschwingungen, wird also der Ton in seiner Höhe geändert, aber auf eine entgegengesetzte Weise.

Wäre es nun also möglich, eine tönende Metallplatte, welche transversal schwingt, und eine tönende Luftsäule, welche longitudinal schwingt, in eine solche Verbindung und Wechselwirkung mit einander zu bringen, daß sie nur beide gleich schnelle und gleichzeitige Schwingungen machen könnten, so wäre es auch möglich, aus ihnen ein musikalisches Instrument zusammenzusetzen, welches seinen Ton gar nicht ändert, während man ihn schwächer oder stärker erregt. Dies nun ist wirklich der Fall bei den compensirten Pfeifen Weber's.

Schon bei der gewöhnlichen Zungenpfeife mit freischwingender durchschlagender Zunge ist eine transversalschwingende Metallplatte mit einer in einer Röhre eingeschlossenen longitudinalschwingenden Luftsäule auf diese Weise verbunden. Denn wenn auch jeder von diesen beiden Körpern, aus

*) Pogg. XVI. 397.

ı dieses Instrument zusammengesetzt ist, die transversalschwingende
platte und die longitudinalschwingende Luftsäule, so beschaffen ist,
ıer von ihnen, einzeln und allein schwingend, eine andere Zahl von
ngungen, und also einen andern Ton hervorbringt, so sind sie doch
em Instrumente so mit einander verbunden, daß sie dennoch nur ge=
ıaftlich irgend einen dritten Ton, und also nur eine dritte Zahl von
ngungen hervorbringen können.

nter bestimmten Verhältnissen nun wird die in der Röhre dieses In=
nts eingeschlossene Luftsäule genöthigt, ihre Schwingungen be=
d zu ändern und fast ganz der transversalschwingenden Metallplatte
geben. In diesem Falle wird der Ton der Zungenpfeife durch Ver=
ıg tiefer. Unter bestimmten anderen Verhältnissen dagegen wird
etallplatte genöthigt, ihre Schwingungen beträchtlich zu ändern und
ıngitudinalschwingungen der Luftsäule nachzugeben. In diesem Falle
ıer Ton der Zungenpfeife durch Verstärkung erhöhet. Es giebt aber
ıdlich einen dritten zwischen beiden in der Mitte liegenden Fall, in wel=
ıie transversalschwingende Metallplatte den Ton der Zunge um eben
vertieft, als die longitudinalschwingende Luftsäule ihn erhöht, und
t der Fall der Compensation, welche Weber zu erreichen beab=
:t.

ıurch Beobachtung und Berechnung nun ist es Weber'n gelungen,
ıen gegebenen Ton im Voraus die Dicke und Länge der Metallplatte
ıem bestimmten Metalle, z. B. bei Messing, und die Länge der
, wie auch die übrigen Dimensionen der beiden gemeinschaftlich schwin=
Körper anzugeben, so daß, wenn ein Instrument nach diesen Vor=
n von einem geschickten Mechanicus genau verfertigt wird, es nicht
einen bestimmten Ton unserer Scale geben, sondern zu gleicher Zeit
ısirt sein wird.

3eber theilt folgende 5 Beispiele compensirter Orgelpfeifen mit:

Fünf Beispiele compensirter Orgelpfeifen.

[illegible]	folgende Schwingungen in 1 Sec. erforderlich.	Die Messingplatten würden bei folgenden Dicken außer der Zungenpfeife	folgende Schwingungen in 1 Secunde machen.	Die Luftsäulen würden bei folgenden Längen der Röhren außer der Zungenpfeife	folgende Schwingungen in 1 Secunde machen.
	406,40	0 lin.,1815	424,12	102 lin.,61	720,44
	430,56	0,1933	451,77	102,57	720,97
	456,15	0,2059	481,22	101,95	725,18
	483,27	0,2192	512,28	100,72	733,66
	512,00	0,2333	545,30	98,64	748,50

e in dieser Tabelle sich entsprechenden Messingplatten und . m einander zu Zungenpfeifen verbunden, so erhält man com Orgelpfeifen, welche genau folgende Töne geben:

as, a, b. h, $\overline{c}$.

Später hat Weber zu der vorigen Compensation noch eine andere gefügt *), welche nämlich die Temperatur betrifft, indem durch diese Compensation erreicht wird, daß eine Reihe von Zungenpfeifen, welches auch ihre gemeinschaftliche Temperatur sein mag, ihre Schwingungsverhältnisse unveränderlich erhält und nie eine Verstimmung der Tonverhältnisse durch die Temperatur bei ihnen veranlaßt wird.

Die Bedingung, welcher Zungenpfeifen genügen sollen, damit sie auf diese Weise compensirt sind, ist folgende:

$$\frac{A}{A\Omega + 2n} = \text{Const.}$$

$$\text{wo } A = \frac{ak}{\Omega^2}\left(\text{tang.}\ \frac{\pi l n'}{\Omega} + \frac{\pi l n'}{\Omega}\ \sec^2\ \frac{\pi l n'}{\Omega}\right)$$

Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung als in der Formel S. 329, aus der diese Formel hergeleitet ist.

Wäre der Werth von $\frac{A}{A\Omega + 2n}$ nicht constant, sondern bei einer höhern Zungenpfeife $= \alpha$, bei einer tiefern $= \beta$, so würde ihr Intervall $= \nu$ bei jeder Temperaturerhöhung $= dt$ um $d\nu$ sich ändern, und zwar ist dann

$$d\nu = \nu\,(\alpha - \beta)\,\frac{1{,}89\ .\ dt}{\sqrt{1 + 0{,}00375\ .\ t}}$$

Dieser Werth von $d\nu$ drückt die Verstimmung aus, welche das Intervall zweier beliebiger nicht compensirter Zungenpfeifen bei jeder Temperaturveränderung erleidet.

Construction einer Zungenpfeife zu akustischen Versuchen, namentlich zur Erlangung eines Normaltons.

Es ist in mehrfachem Bezuge sehr wünschenswerth, ein Instrument zu besitzen, mittelst dessen sich ein in der Höhe stets gleich bleibender Ton, bei allen Änderungen seiner Stärke, erhalten läßt. Weber empfiehlt hierzu **) ganz besonders eine compensirte Orgelpfeife von gehöriger Einrichtung, zu deren Construction er folgende Regeln giebt.

Sie besteht im Wesentlichen aus einem Luftkanale a b (Fig. 54.), der an dem einen Ende a offen, am andern b verschlossen, und rings mit sehr soliden Wänden, z. B. aus 3 bis 4 Linien dickem Holz oder Metall, umschlossen ist. Die feste Wand fehlt an einer Stelle c d. Statt ihrer ist daselbst eine elastische Platte von Metall angebracht, die nur mit ihrem

*) Pogg. XVII. 244.

**) Pogg. XVI. 193.

Ende d durch Verbindung mit der dicken unerschütterlichen Wand d e der Röhre fixirt ist. Mit den übrigen Rändern kann sie sich frei bewegen, ungeachtet sie die Öffnung c d sehr genau verschließt. Die nähere Beschreibung ist folgende:

1) Luftcanal der Zungenpfeife. Man kann cylindrische, aber auch eben so gut rechtwinklicht prismatische Röhren anwenden, und man hat dann sogar den doppelten Vortheil, daß die Luftschwingungen in dieser Röhre, weil alle Schnitte senkrecht auf die Platte gleich sind, noch einfacher werden, und zugleich durch das Verhältniß der Breite und Dicke der Röhre, die Stärke und der Klang (timbre) des Tones moderirt werden kann. — Die Wände müssen, damit sie nicht an den Schwingungen der Luft Theil nehmen, sehr dick, z. B. 3 bis 6 Linien dick, gemacht werden. Diese Röhre kann von Holz oder Metall sein. Die Ränder aber, welche die Stelle begränzen, wo die elastische Platte eingesetzt werden soll, müssen von Metall, ganz eben und parallel gearbeitet sein. Im Zustande der Ruhe berührt diese elastische Platte c d diese Ränder nur bei d.

2) Die elastische Platte der Zungenpfeife. Die elastische Platte c d der Zungenpfeife muß aus einem sehr elastischen, gleichartigen, schwer oxydirbaren Metalle, wie Messing oder Neusilber, oder einer Legirung von Silber und Kupfer, verfertigt werden. Alle ihre Oberflächen müssen eben und parallel sein. Für den Ton eingestrichen a kann sie ½ Linie dick, 6 bis 8 Mal breiter und 36 Mal länger sein. Am besten ist es, wenn sie eben so breit wie der Luftcanal gemacht wird, so daß sie vollkommen den Luftcanal schließen kann, ohne eine Friction an den Rändern seiner Wände zu erleiden.

Wendet man indeß cylindrische Röhren an, so muß man die Breite der elastischen Platte etwas kleiner als den Durchmesser der Röhre machen. Die Befestigung der Platte an eine solche cylindrische Röhre beschreibt Weber folgendermaßen*):

Die cylindrische Röhre ist an der Stelle, wo die Wand fehlt, mit einem messingenen Rahmen versehen, dessen Ränder eben und abgeschliffen sind. Auf den einen der vier Ränder dieses Rahmens wird die elastische Platte mit ihrem zu fixirenden Ende gelegt und dasselbe mit einem Ringe befestigt, der durch eine Schraube an die obere Fläche der Platte gepreßt wird, so daß sich das Ende der elastischen Platte von unten und oben zwischen dem Metallrahmen und Metallringe fixirt findet.

3) Der Luftbehälter der Zungenpfeife. Statt des Behälters von verdichteter Luft, wozu in Orgelpfeifen die mit dem Blasebalge in Verbindung stehenden Windladen dienen, kann man sich bei den Versuchen gewöhnlich des Mundes bedienen; jedoch ist eine Windlade mit Blasebalg vorzuziehen, weil die Dünste, die die ausgeathmete Luft enthält, die Wände der Röhre und die Flächen der Platte befeuchtet, und diese Feuchtigkeit die

*) Eine Abbildung hierzu s. in Pogg. XIV. Taf. VI.

: Schwingung etwas beschränken kann. Einer Windlade eine beliebige Größe geben, und es ist gut, daß diese nicht ... st, weil sich dann die Verdichtung der Luft in ihr besser gleichförmiger erhalten kann.

Zu bemerken ist noch, daß, damit der Ton einer auf die beschriebene Weise constituirten Zungenpfeife auch bei jeder Stärke des Anblasens wirklich unabänderlich hoch bleibe, Platte und Luftsäule den Bedingungen der Compensation genügen müssen, wovon S. 330 die Rede gewesen ist.

VII. Stimme und Gehör.

Über die Stimmwerkzeuge, von Granville *).

Dr. Granville, welcher 8 Jahre lang Arzt bei der Oper (in London?) gewesen ist, hat folgende Bemerkungen gemacht: bei den Tenorstimmen ist das Zäpfchen dick und fleischig; das Entgegengesetzte findet Statt bei den Sopranstimmen, wie z. B. bei Madam Ronzi de Begnis, wo es außerordentlich dünn und am Ende spitzig ist. Bei Madam de Begnis besonders hat es die Gestalt der Spitze eines gleichschenklichen Dreiecks und kaum die Länge von $\frac{1}{10}$ Zoll. Diese Bemerkung hat er auch bei allen Altstimmen gemacht.

Über den Mechanismus der menschlichen Stimme beim Gesange, von Bennati **).

Von den Untersuchungen Bennati's über diesen Gegenstand ist nur erst ein (günstiger) Bericht Cuvier's an die französische Academie bekannt, welcher folgendes enthält:

Man weiß schon seit langer Zeit, daß, wenn die Stimmritzenbänder die Hauptrolle spielen bei Hervorbringung der Stimme, andere Organe jedoch sehr kräftig mitwirken zu Modification ihres Klanges und Tons. Ganz neuerdings hat Savart sogar den Einfluß angegeben, den die Form der Mundhöhle und der darin befindlichen Organe darauf ausüben: jedoch hatte er dies nur ganz im Allgemeinen gethan. Bennati hat über diesen Gegenstand viel positivere Begriffe gegeben. Er hat erkannt, daß die hohen Töne, welche man mit dem Namen Falset- oder Fistelstimme belegt hat, fast ganz im Rachen (détroit du gosier) gebildet werden, und daß das Gaumensegel sehr kräftig mitwirke zu ihrer Erzeugung.

*) Froriep's Notiz. Nr. 9. des XXIX. Bandes.

**) Schweigg. J. LIX. 260 oder Froriep's Notiz. Nr. 16. des XXVII. Bandes S. 241.

Der Einfluß dieser Organe ist so wesentlich, daß sich durch bloße Be-
[trachtung] der Mundhöhle erkennen läßt, ob eine Person zum Singen hoher
[Tö]ne organisirt sei oder nicht. Herr Bennati hat bemerkt, daß diejeni-
[ge]n Personen, welche eine Sopranstimme haben, viel voluminösere Zungen
[besi]tzen als andere (der Unterschied kann bis zum Dritttheil des Totalvo-
[lum]s und darüber steigen), und der Rachen ist viel mehr entwickelt. In-
[ter]essante Beobachtungen tragen dazu bei, die Meinung des Herrn Ben-
nati zu unterstützen. Ein Individuum, bei welchem man genöthigt war
[ei]ne der Mandeln auszuschneiden, verlor zwei Noten der natürlichen
[St]imme und gewann zu gleicher Zeit vier Noten der Fistelstimme. In
[ein]em andern Falle wurden die Beobachtungen des Herrn Bennati mit
[glü]cklichem Erfolg angewandt zur Erkennung eines Abscesses, der seinen
[Si]tz in einer der Mandeln hatte. Der Arzt, welcher die Existenz desselben
[ve]rmuthmaßte, ohne jedoch seiner Sache gewiß zu sein, gerieth, den Ansich-
[te]n des Herrn Bennati gemäß, auf den Einfall, den Kranken zur Aus-
[stoß]ung hoher Töne bei offenem Munde zu veranlassen. Während der Her-
[vo]rbringung dieser Töne wurden die Mandeln sichtbar und die Krankheit
[au]ßer Zweifel gesetzt.

Die genaue Kenntniß der zur Bildung der verschiedenen Töne thätigen
[O]rgane erklärt die Verschiedenheit der Krankheiten, denen die Personen,
[we]lche sich zu häufigen Anstrengungen beim Gesange hingeben, unterworfen
[w]erden können. Bei denen mit Baßstimmen werden vorzüglich die unteren
[T]heile der Brustorgane angegriffen, während die, welche gewöhnlich hohe
[Tö]ne singen, in der Regel Beschwerden in der Gegend des Rachens, im
[G]aumensegel und in den benachbarten Theilen empfinden. Auch die Krank-
[hei]ten, denen diese Personen in Folge angestrengter Gesangübungen unter-
[wo]rfen sind, ergreifen besonders die genannten Theile, und dies ist der
[G]rund, warum sie bei letzteren gewöhnlich minder schwer sind.

Über die größte, noch wahrnehmbare, Tonhöhe, von Savart *).

Die Hauptresultate der nachfolgenden Untersuchungen sind:

1) Es können bei gehöriger Stärke noch Töne vernommen werden, die 48000 einfachen Schwingungen in der Secunde oder 24000 Schläge (bei Anwendung der Sirene oder eines gezähnten Rades zur Tonerzeugung) entsprechen, und wahrscheinlich würden sich bei größerer Verstärkung der Töne, als Savart anwandte, noch höhere Töne wahrnehmen lassen.
2) Zwei auf einander folgende Schläge oder Stöße (äquivalent 4 auf einander folgenden Schwingungen) sind (und zwar selbst für die höchsten noch hörbaren Töne) schon hinreichend, einen vergleichbaren Ton

*) Ann. de Ch. et de Phys. XLIV. 337; oder Poggend. XX. 290; oder [Ba]umg. Zeitschr. IX. 116.

n, und die Zeit, welche zwischen den beiden Schlägen verfließt, den Grad der Höhe des Tons, so daß z. B. zwei Schläge, doppelt so großer Zwischenzeit erfolgen, die untere Octave u. s. f.

3) Die Dauer, die ein Ton haben muß, um gehört zu werden, ist in demselben Verhältniß kürzer, als der Ton höher ist, denn die Zwischenzeit zwischen zwei auf einander folgenden Schlägen, die angegebenermaßen selbst bei den höchsten Tönen noch hinreichend sind, einen Ton zu bilden, nimmt in entsprechendem Grade ab.

4) Die Empfindung des Tons hält (analog wie beim Lichte) noch eine gewisse Zeit an, nachdem die Ursache desselben schon vorübergegangen ist; die Länge dieses Nachhaltens, oder wenigstens die Bestimmbarkeit dieser Länge, hängt aber von zu vielen relativen Umständen ab, um etwas darüber festsetzen zu können.

Geschichtliches. Über die Gränze der noch hörbaren hohen Töne hat aus Mangel hinreichend genauer Untersuchungen bis jetzt nicht die mindeste Übereinstimmung Statt gefunden. Chladni nimmt an, daß noch Töne hörbar seien, die aus etwa 12000 einfachen Schwingungen in der Sec. entspringen. Biot setzt diese Gränze auf den Ton einer offenen Pfeife von 18 Lin. Länge, welchem Tone er 8192 einfache Schwingungen beilegt. Wollaston behauptet, niemals höhere Töne gehört zu haben, als die einer Pfeife von der Länge eines Viertelzolls; da er aber nicht sagt, ob die Pfeife offen oder gedeckt war und welchen Durchmesser sie hatte, so kann man nicht wissen, wie viele Schwingungen durch sie hervorgebracht wurden. An einer andern Stelle sagt Wollaston, daß die höchsten Töne, welche man wahrnehmen könne, aus 600 bis 700 Mal schnellern Schwingungen hervorgingen, als die tiefsten noch hörbaren Töne. Nimmt man nun an, die letzteren entsprängen aus 30 einfachen Schwingungen in einer Secunde, so folgt daraus, daß, nach Wollaston, die Gränze in der Höhe bei 18000 bis 21000 einfachen Schwingungen in der Secunde liege. Die Unbestimmtheit über diesen Gegenstand veranlaßte Savart, neue Versuche darüber anzustellen.

Er wandte, um zur Bestimmung der noch hörbaren höchsten Töne zu gelangen, theils longitudinalschwingende, theils transversalschwingende Stäbe, theils Orgelpfeifen, theils endlich, da mittelst dieser Mittel keine bis zu hinreichenden Graden starken Töne hervorgebracht werden konnten, das Mittel der gezähnten Räder an, wovon S. 251 die Rede war. Aus den Versuchen mit letzteren sind die Definitivresultate abgeleitet; doch wird es nicht ohne Interesse sein, auch die Versuche mit ersteren Mitteln anzuführen.

Detail der Versuche.

Zu Resultat 1). Savart fand, daß nicht nur er selbst, sondern auch die meisten Personen, noch sehr deutlich die Töne eines longitudinalschwingenden, an beiden Enden freien, Glascylinders von 3 Millimeter

Durchmesser und 159 Millimeter Länge zu hören vermochte, ungeachtet diese Töne das Resultat von ungefähr 31000 Schwingungen in der Secunde sind. Bei Anwendung noch dünnerer Glasstäbe versuchte Savart noch kürzere Längen derselben, und beobachtete, daß, wenn sie ungefähr 150 Millimeter Länge hatten, wo sie mehr als 33000 einfache Schwingungen in der Secunde machen, der Ton bald gehört, bald nicht gehört wurde, was entweder von veränderlicher Empfindlichkeit des Ohres oder davon abhing, daß es nicht immer gleich gut gelang, den Stab in Erschütterung zu versetzen.

Savart versuchte endlich, mittelst transversaler Erschütterung kleiner, mit einem ihrer Enden in einem Schraubstock befestigter, Stahlstäbe zu demselben Resultate zu gelangen. Da der Stab eine ungleich geringere Masse besaß und schwieriger zu erschüttern war, so hatten die Töne eine geringere Intensität, dennoch aber beobachtete Savart, daß man bei diesem Verfahren selbst Töne, entspringend aus etwa 30000 bis 32000 einfachen Schwingungen in der Secunde, was jedoch nur annähernd ist, hören konnte.

Mittelst sehr kleiner Luftsäulen, die nach Art der Orgelpfeifen in Schwingung versetzt wurden, vermochte Savart nicht mit Sicherheit über 20000 einfache Schwingungen in der Secunde herauszuziehen, da jenseits dieses Punctes die Töne zwar noch hörbar, aber nur sehr schwer unter den Umständen dieser Erregungsart der Schwingungszahl nach vergleichbar sind.

Aus diesen ersten Versuchen nun scheint hervorzugehen, daß das menschliche Ohr keine Töne von mehr als etwa 32000 einfachen Schwingungen in der Secunde hören könne. Indeß in Betracht, daß, um diesen Punct zu erreichen, Körper von sehr unbedeutenden Dimensionen angewendet werden müssen, die folglich Schwingungen von sehr kleiner Amplitude machen, suchte Savart ein anderes Mittel auf, mittelst dessen sich Töne von beliebiger Höhe und größerer Stärke als im vorigen Falle hervorbringen ließen, welches er in der Anwendung der gezähnten Räder fand, wovon S. 251 die Rede war.

Da die ersten Versuche mit Rädern von 24 bis 48 Centimentern Durchmesser, welche 360 bis 400 Zähne auf dem Umfange trugen, das Resultat nicht weiter erhöhten, als schon die früheren Versuche mit andern Verfahrungsarten, indem der Ton bei den Rädern von 48 Centimetern Durchmesser und 400 Zähnen bei 12000 bis 15000 Schlägen in der Secunde aufhörte, wahrnehmbar zu sein, so wandte jetzt Savart einen andern Apparat an, dessen gezähntes Rad 82 Centimeter im Durchmesser hielt und 720 Zähne im Umfang hatte.

Nun hörte man die Töne selbst noch bei 24000 Schlägen in der Secunde, „und", sagt der Verfasser, „obgleich die Stärke des Tons, die bei 12000 bis 15000 Schlägen in der Sec. sehr groß war, alsdann anfing bedeutend abzunehmen, so kann ich doch nicht sagen, bei welchem

kleiner Explosionen, deren Anzahl in zusammengesetztem Verhältnisse zu der Zahl der Speichen und der Drehungsgeschwindigkeit des Rades steht, und die, wenn ihrer eine hinlängliche Anzahl in einer Secunde Statt findet, einen anhaltenden Ton veranlassen, der eine große Intensität erlangen kann, wenn man, anstatt eines einzigen Hemmnisses, deren 4 in einer und derselben Diametralebene des Rades anbringt. — Durch mehrere Beobachtungen über die Wirkungsweise dieses tongebenden Mittels fand Savart: 1) daß die Intensität des Tons sehr rasch mit der Länge der Speichen zunimmt; 2) daß, um recht scharfe (secs) und recht intensive Schläge zu erhalten, die Kante (arête) der Speichen der Kante des Hemmnisses (obturateur) im Augenblicke des Vorbeigehens parallel sein muß, und der Rand des Hemmnisses um nicht mehr als 1 Millimeter von der Ebene, in welcher das Rad sich dreht, entfernt sein darf; 3) endlich, daß die Schläge für eine gegebene Anzahl derselben in bestimmter Zeit um so intensiver sind, je kleiner die Anzahl der Speichen ist, oder, was dasselbe ist, mit je größerer Geschwindigkeit sie begabt sind.

Der auf diese Umstände gegründete Apparat, dessen sich Savart bedient, ist nun folgendergestalt eingerichtet. Er besteht aus einem Rade von 4½ Fuß Durchmesser, welches bestimmt ist eine Eisenstange von ungefähr 2½ Fuß Länge, 2 Zoll Breite und 6 Linien Dicke in Drehung zu versetzen, durch welche in der Mitte ihrer Länge und senkrecht auf ihre breiteren Flächen eine Axe hindurchgeht, die sich in Lagern (coussinets) dreht, die an einer sehr festen und schweren Bank (banc) befestigt sind, auf welcher auch das große bewegende Rad angebracht ist. Zu jeder Seite der Kreisebene, welche von der Stange beschrieben wird, und in der Richtung einer ihrer Diametralebenen sind zwei dünne Breter angebracht, welche auf den oberen Flächen der Bank ruhen und sich den Flächen der Stange, die zwischen ihnen circuliren soll, mehr oder weniger nähern lassen. Mittelst eines Zählers, der an der Axe der Stange selbst angebracht ist, kann man die Zahl der Drehungen, die sie in 1 Secunde macht, leicht bestimmen. Offenbar ist bei dieser Anordnung die Anzahl der Schläge doppelt so groß, als die Anzahl der Umdrehungen, weil bei jeder halben Umdrehung des Rades ein Schlag entsteht.

Wenn das Rad sich zu drehen anfängt und die Geschwindigkeit nur noch klein ist, hört man erst von einander abgesonderte Schläge, die ausathmend schwachen Explosionen gleichen, mit zunehmender Geschwindigkeit aber nimmt die Intensität der Schläge immer mehr zu, so daß man versucht wird zu glauben, die Stange schlage gegen einen festen Körper an, und zugleich hört man einen außerordentlich tiefen Ton, der zuerst sehr schwach vernommen wird, dann aber eine außerordentliche Intensität erlangt, wenn die Schläge nahe genug auf einander folgen, daß der Eindruck, den ein jeder derselben auf das Gehörorgan hervorbringt, eine hinreichende Zeit dauert, um eine genügende Superposition der einzelnen Schläge zu gestatten. Insofern aber bei dem beschriebenen Apparate die

Anzahl der Umdrehungen nicht wohl über 25 bis 30 in der Secunde betragen konnte, wurde außer dem anhaltenden Tone immer noch jeder Schlag besonders vernommen, so daß der Ton eine sumsende Beschaffenheit (son ronflant) hat *). Dabei ist seine Intensität so groß, daß alle Personen, die diesen Versuchen beiwohnten, darüber erstaunt waren, und daß man es in einem sehr großen Zimmer (pièce) unmöglich fand, das Geringste vom Tone einer Orgel oder eines Basses oder von den Tönen der menschlichen Stimme zu hören, während der Apparat im Gange ist. Was den wesentlichen Punkt anlangt, genau zu bestimmen, bei welcher Anzahl von Schlägen man den anhaltenden Ton zu hören anfängt, so wurden Versuche darüber zu wiederholten Malen in Gegenwart einer großen Menge von Personen angestellt. Alle stimmten dahin überein, diese Gränze bei 7 bis 8 Schlägen in der Secunde festzusetzen, welches 14 bis 16 einfachen Schwingungen in der Secunde entspricht. Indeß kann diese Gränze nicht für absolut angesehen werden, denn bei einem Apparate von kleinerm Radius erscheint der anhaltende Ton erst bei einer viel größern Anzahl von Schlägen, so daß der Schluß nahe liegt, wenn die bewegliche Stange länger wäre, so würde vermöge der größern Stärke der Schläge der anhaltende Ton bei einer viel geringern Anzahl von Schlägen gehört werden.

Empfindlichkeit des Ohrs für Unterscheidung der Töne.

Delezenne **) hat durch präcise Versuche ausgemittelt, welchen Grad von Empfindlichkeit das Ohr für die Unterscheidung der Töne hat. Die Hauptresultate seiner Untersuchungen sind folgende:

Das Ohr eines Künstlers vermag ein Intervall von $\frac{1}{4}$ Comma $\left(\frac{81}{80}\right)^{\frac{1}{4}}$ das des bloßen Liebhabers von $\frac{1}{2}$ Comma $\left(\frac{81}{80}\right)^{\frac{1}{2}}$ bei dem Einklange zu unterscheiden, doch müssen die Töne abwechselnd gehört werden; denn bei Vergleichung gleichzeitiger Töne vermag das Ohr noch größere Verschiedenheiten zu ertragen.

Das Ohr (unstreitig eines Künstlers) ist noch für ein Intervall von Comma bei der Octave empfindlich.

Bei der Quinte ist das Intervall von $\frac{15}{100}$ Komma für den Künstler und von $\frac{3}{10}$ Komma für Andere bemerklich, wonach also bei der Quinte feinere Unterschiede geschätzt werden können, als bei der Octave.

Mehrere interessante, auf die Theorie der Musik Bezug habende, Resultate übergehen wir hier.

*) Bei Anwendung eines Rades von $2\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser, welches aus 8 Speichen besteht und eine hinlängliche Geschwindigkeit hat, um ungefähr 50 bis Schläge in der Secunde hervorzubringen, sind die Töne von bewundernswürdiger Rundung, Kraft und Reinheit, und man kann den anhaltenden Ton nicht mehr von den periodischen Schlägen, die ihn erzeugen, unterscheiden.

**) Im Recueil des travaux de la soc. des sciences etc. de Lille. 1827; Auszug im Bull. univ. des sc. math. etc. XI. 275.

kleiner Explosionen, deren Anzahl in zusammengesetztem Verhältnisse zu der Zahl der Speichen und der Drehungsgeschwindigkeit des Rades steht, und die, wenn ihrer eine hinlängliche Anzahl in einer Secunde Statt findet, einen anhaltenden Ton veranlassen, der eine große Intensität erlangen kann, wenn man, anstatt eines einzigen Hemmnisses, deren 4 in einer und derselben Diametralebene des Rades anbringt. — Durch mehrere Beobachtungen über die Wirkungsweise dieses tongebenden Mittels fand Savart: 1) daß die Intensität des Tons sehr rasch mit der Länge der Speichen zunimmt; 2) daß, um recht scharfe (secs) und recht intensive Schläge zu erhalten, die Kante (arête) der Speichen der Kante des Hemmnisses (obturateur) im Augenblicke des Vorbeigehens parallel sein muß, und der Rand des Hemmnisses um nicht mehr als 1 Millimeter von der Ebene, in welcher das Rad sich dreht, entfernt sein darf; 3) endlich, daß die Schläge für eine gegebene Anzahl derselben in bestimmter Zeit um so intensiver sind, je kleiner die Anzahl der Speichen ist, oder, was dasselbe ist, mit je größerer Geschwindigkeit sie begabt sind.

Der auf diese Umstände gegründete Apparat, dessen sich Savart bediente, ist nun folgendergestalt eingerichtet. Er besteht aus einem Rade von 8½ Fuß Durchmesser, welches bestimmt ist eine Eisenstange von ungefähr 2½ Fuß Länge, 2 Zoll Breite und 6 Linien Dicke in Drehung zu versetzen, durch welche in der Mitte ihrer Länge und senkrecht auf ihre breitern Flächen eine Axe hindurchgeht, die sich in Lagern (coussinets) dreht, die an einer sehr festen und schweren Bank (banc) befestigt sind, auf welcher auch das große bewegende Rad angebracht ist. Zu jeder Seite des Kreises, welche von der Stange beschrieben wird, und in der Richtung einer ihrer Diametralebenen sind zwei dünne Bretter angebracht, welche auf den obern Flächen der Bank ruhen und sich den Flächen der Stange, die zwischen ihnen circuliren soll, mehr oder weniger nähern lassen. Mittelst eines Zählers, der an der Axe der Stange selbst angebracht ist, kann man die Zahl der Drehungen, die sie in 1 Secunde macht, leicht bestimmen. Offenbar ist bei dieser Anordnung die Anzahl der Schläge doppelt so groß, als die Anzahl der Umdrehungen, weil bei jeder halben Umdrehung des Rads ein Schlag entsteht.

Wenn das Rad sich zu drehen anfängt und die Geschwindigkeit nur noch klein ist, hört man erst von einander abgesonderte Schläge, die ausnehmend schwachen Explosionen gleichen, mit zunehmender Geschwindigkeit aber nimmt die Intensität der Schläge immer mehr zu, so daß man versucht wird zu glauben, die Stange schlage gegen einen festen Körper an, und zugleich hört man einen außerordentlich tiefen Ton, der zuerst sehr schwach vernommen wird, dann aber eine außerordentliche Intensität erlangt, wenn die Schläge nahe genug auf einander folgen, daß der Eindruck, den ein jeder derselben auf das Gehörorgan hervorbringt, eine hinreichende Zeit dauert, um eine genügende Superposition der einzelnen Schläge zu gestatten. Insofern aber bei dem beschriebenen Apparate die

Anzahl der Umdrehungen nicht wohl über 25 bis 30 in der Secunde betragen konnte, wurde außer dem anhaltenden Tone immer noch jeder Schlag besonders vernommen, so daß der Ton eine sumsende Beschaffenheit (son ronflant) hat *). Dabei ist seine Intensität so groß, daß alle Personen, die diesen Versuchen beiwohnten, darüber erstaunt waren, und daß man es in einem sehr großen Zimmer (pièce) unmöglich fand, das Geringste vom Tone einer Orgel oder eines Basses oder von den Tönen der menschlichen Stimme zu hören, während der Apparat im Gange ist. Was den wesentlichen Punkt anlangt, genau zu bestimmen, bei welcher Anzahl von Schlägen man den anhaltenden Ton zu hören anfängt, so wurden Versuche darüber zu wiederholten Malen in Gegenwart einer großen Menge von Personen angestellt. Alle stimmten dahin überein, diese Gränze bei 7 bis 8 Schlägen in der Secunde festzusetzen, welches 14 bis 16 einfachen Schwingungen in der Secunde entspricht. Indeß kann diese Gränze nicht für absolut angesehen werden, denn bei einem Apparate von kleinerm Radius erscheint der anhaltende Ton erst bei einer viel größern Anzahl von Schlägen, so daß der Schluß nahe liegt, wenn die bewegliche Stange länger wäre, so würde vermöge der größern Stärke der Schläge der anhaltende Ton bei einer viel geringern Anzahl von Schlägen gehört werden.

Empfindlichkeit des Ohrs für Unterscheidung der Töne.

Delezenne **) hat durch präcise Versuche ausgemittelt, welchen Grad von Empfindlichkeit das Ohr für die Unterscheidung der Töne hat. Die Hauptresultate seiner Untersuchungen sind folgende:

Das Ohr eines Künstlers vermag ein Intervall von $\frac{1}{4}$ Comma $\left(\frac{81}{80}\right)^{\frac{1}{4}}$ das des bloßen Liebhabers von $\frac{1}{2}$ Comma $\left(\frac{81}{80}\right)^{\frac{1}{2}}$ bei dem Einklange zu unterscheiden, doch müssen die Töne abwechselnd gehört werden; denn bei Vergleichung gleichzeitiger Töne vermag das Ohr noch größere Verschiedenheiten zu ertragen.

Das Ohr (unstreitig eines Künstlers) ist noch für ein Intervall von $\frac{1}{3}$ Comma bei der Octave empfindlich.

Bei der Quinte ist das Intervall von $\frac{15}{100}$ Komma für den Künstler und von $\frac{3}{10}$ Komma für Andere bemerklich, wonach also bei der Quinte kleinere Unterschiede geschätzt werden können, als bei der Octave.

Mehrere interessante, auf die Theorie der Musik Bezug habende, Resultate übergehen wir hier.

*) Bei Anwendung eines Rades von $2\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser, welches aus 8 Speichen besteht und eine hinlängliche Geschwindigkeit hat, um ungefähr 50 bis 60 Schläge in der Secunde hervorzubringen, sind die Töne von bewundernswürdiger Rundung, Kraft und Reinheit, und man kann den anhaltenden Ton nicht mehr von den periodischen Schlägen, die ihn erzeugen, unterscheiden.

**) Im Recueil des travaux de la soc. des sciences etc. de Lille. 1827; Auszug im Bull. univ. des sc. math. etc. XI. 275.

1) Eine elektrische Anhäufung schreitet mittelst gleicher Incremente fort. Eine belegte Fläche nimmt bis zu ihrem Sättigungszustande immer gleiche Quantitäten Elektricität in gleichen Zeiten auf, wenn alle Umstände die nämlichen bleiben. Die Quantität, welche von dem äußern Belege weggeht *), ist immer proportional der Quantität, welche dem Innern zuwächst.

2) Man kann die Quantität angehäufter Elektricität nach den Umdrehungen der Scheibe der Elektrisirmaschine schätzen, vorausgesetzt, daß diese in einem constanten Erregungszustande bleibt; oder auch durch die Explosionen einer mit dem äußern Belege verbundenen Flasche. Sie verhält sich wie die (geladene) Oberfläche, multiplicirt mit dem Zwischenraum, durch welchen die angehäufte Elektricität überspringen kann. Ist die Größe der Oberfläche constant, so verhält sie sich (die angehäufte Elektricität) einfach wie der Zwischenraum; ist der Zwischenraum constant, so verhält sie sich wie die Oberfläche. Sie verhält sich auch wie die Oberfläche, multiplicirt mit der Quadratwurzel der freien Wirkung oder Intensität **) (of the free action or intensity), und bei constanter Intensität verhält sie sich daher wie die Quadratwurzel der anziehenden Kraft.

3) Der Zwischenraum, durch welchen die angehäufte Elektricität überspringen kann, ist direct proportional der Quantität angehäufter elektrischer Materie und umgekehrt proportional der Oberfläche. Wenn erstere (Quantität) in demselben Maße zunimmt, als letztere (Oberfläche) abnimmt, so wird der Zwischenraum wie das Quadrat der Quantität elektrischer Materie wachsen.

4) Die Kraft elektrischer Anziehung ändert sich nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats des Abstandes zwischen den Berührungspuncten der entgegengesetzten Conductoren, vorausgesetzt, daß die Oberflächen eben und parallel sind, oder, wenn die entgegengesetzten Oberflächen sphärisch sind, zwischen zwei Puncten, welche innerhalb der respectiven Hemisphären in einem Abstande $= \frac{1}{5}$ des Radius liegen (sehr undeutlich).

5) Die freie Wirkung oder Intensität ist direct proportional dem Quadrat der Quantität elektrischer Materie, und umgekehrt proportional dem Quadrat der Oberfläche. Sie verhält sich, alle übrige Umstände gleich gesetzt, direct wie der Effect eines Entladungsschlages auf einen Metalldraht. Wenn die Quantität elektrischer Materie und die Oberfläche zusammen zunehmen oder abnehmen, so bleibt die anziehende Kraft dieselbe. Wenn die elektrische Quantität in demselben Maße zunimmt, als die Oberfläche abnimmt, so nimmt die anziehende Kraft im Verhältniß der 4ten Potenz der elektrischen Quantität zu.

*) Unstreitig ist hierunter die durch Vertheilung in den Erdboden zurückgetriebene Elektricität zu verstehen.

**) Unstreitig ist hiermit die Intensität des nicht gebundenen Antheils der Elektricität verstanden.

[illegible] ine kleine Stelle und war die Flamme ganz blau, so fand [illegible] von Elektricität Statt.

[illegible] 5. Der Deckel ward über ein kleines Stück Steinkohle ge[illegible] lchem ein Punct mit dem Löthrohre in Weißgluht erhalten [illegible] Der [illegible] rlust der Elektricität war vollkommen, welches zu beweisen [illegible] daß, wenn beim Schwefel eine kleine brennende Stelle nicht bie[illegible] ma[illegible] ls eine größere leistete, dies wohl von einer mindern In[illegible] die kleine Stelle brennt, herrührt. Man stellt das Expe[illegible] so an, daß man ein ungefähr erbsengroßes Stück Stein[illegible] auf die Platte des Elektrometers legt und den geladenen Deckel darüber hängt. So lange die Steinkohle dem Verlöschen nahe ist, erfolgt keine Wirkung, so wie aber durch das Löthrohr ein glühender Punct daran hervorgebracht wird, divergiren [illegible] tter des Elektrometers und bleiben getrennt; und man wird finden, [illegible] der Deckel alle Electricität verloren hat.

Die Elektricität entziehende [illegible] einer Lampe ist so kräftig, daß sich eine große Leidener Flasche [illegible] 6 Zoll Entfernung vom ersten Conductor einer Elektrisirma[illegible] ist, wenn man eine Lampe auf den Deckel (cover) der Flasch[illegible] Di[illegible] Ladung läßt sich bei diesem Versuche nicht über einen gewissen Grad [illegible] teiben, und wenn die stralende Elektricität dann mit einem kleinen [illegible] n Schirm untersucht wird, so wird man sie positiv an einer Seite [illegible] lamme und negativ an der andern finden, so daß, während ein Theil [illegible] r Flamme die Flasche ladet, der entgegengesetzte sie entladet. Eine Fla[illegible] von 1½ Quadratfuß Belegung ward in solcher Weise zu 10 bis 15 G[illegible] des Quadranten-Elektrometers geladen, wenn sie 2 Fuß vom ersten Conductor einer 7zolligen Cylindermaschine stand. Wenn das Licht in einem metallenen Gefäß eingeschlossen ist, so daß es bloß noch so viel Communication mit der Atmosphäre hat, um brennend zu bleiben, so wird die Flasche ebenfalls noch geladen werden, wiewohl mit minderer Intensität; ist aber das Gefäß von Glas, so wird die Flasche gar keine Ladung erhalten und die Glashülle sich stark negativ zeigen. Eine Flasche wird nicht vollständig durch ein auf ihrem Gipfel stehendes Licht entladen werden, wenn die Luft still ist; aber ein Luftstrom erleichtert sehr das Vermögen brennender Körper, sowohl die Elektricität zu entladen als sie zu entziehen *).

Das Vermögen der Flamme, die Elektricität zu entziehen, soll nach Bonnycastle, nicht näher detaillirten Versuchen zufolge, innerhalb einer gewissen Gränze nach dem biquadratischen Verhältnisse der Entfernung ab-

*) Diesen Umstand sucht Bonnycastle durch die Annahme zu erklären, daß die stralende Elektricität an den Lufttheilchen adhärire und rings um die Lampe eine Atmosphäre von Elektricität bilde, die durch ihre Repulsion der ferneren Strahlung hinderlich ist, wenn sie nicht durch eine Bewegung der Luft entfernt wird.

rnen, über welche Gränze hinaus es schneller abzunehmen scheine. Doch eht er selbst, nicht immer constante Resultate erhalten zu haben.

Vertheilung und Binden der Elektricität.

Über Vertheilung der Elektricität in isolirten Leitern, Pfaff *). Biot führt in s. Lehrb. (der übers. 2. Aufl. II. S. 192) rere Versuche über die Vertheilung der Elektricität in einem isolirten er an, die nach der Prüfung Pfaff's sich nicht in der Wirklichkeit stigen, so daß Pfaff dafür hält, sie seien bloß nach einer nicht gehö überdachten Folgerung aus andern Datis von Biot abgeleitet worden, in sich bei genauerer Erwägung das Statthaben dieser Versuche selbst den bekannten Gesetzen der Elektricität nicht vereinbar zeigt.

Nach Biot: wenn man einem horizontalen cylindrischen, von Isolir ern getragenen, Leiter B, von dessen beiden Enden, so wie zwischen den en, einfache Elektrometer aus Hollundermarkkügelchen an Leinfäden her ängen, einen elektrisirten Körper A nähert, so divergiren die Elektro ter an den beiden Enden mit einander entgegengesetzter Elektricität, um die Mitte des Cylinders befindet sich ein neutraler Punct, wo gar ne Divergenz Statt findet. Führt man längs des Cylinders eine un ktrische und an einem isolirten Seidenfaden schwebende Hollundermarkku hin, so wird sie allenthalben angezogen, außer an dem erwähnten mitt n Theile; ist aber diese Kugel elektrisirt, so wird sie von einem Ende Cylinders angezogen, vom andern abgestoßen.

Dies findet nach Biot Statt.

Pfaff dagegen fand bei Wiederholung dieser Versuche, daß die lektrometer an den beiden Enden des Cylinders nicht mit entgegengesetzter lektricität aus einander gingen, sondern stets mit gleichnamiger, und var stets beide mit derselben Elektricität, welche der vertheilende Körper saß; auch konnte er keinen Punct um die Mitte des Cylinders finden, die Elektrometer nicht divergirt hätten. Diese Divergenz geschah viel hr in der ganzen Länge des Cylinders mit derselben Elektricität, welche dem einen Ende genäherte, elektrisirte Körper besaß. Auch konnte Pfaff beobachten, daß ein mit einer gewissen Elektricität versehenes Korkkügel n von der einen Hälfte des Cylinders angezogen, von der andern Hälfte gestoßen werde, vielmehr fand er in der ganzen Ausdehnung des isolirten ters gleichmäßig entweder Anziehung oder Abstoßung nach Beschaffenheit Elektricität, womit das Kügelchen geladen war.

Für den ersten Anblick scheinen nun allerdings die Resultate Pfaff's der Theorie der Vertheilung der Elektricität in directem Widerspruch stehen, da diese aussagt, daß der vertheilende Körper die gleichartige ektricität des genäherten Leiters nach dem abgekehrten Ende desselben stößt, die ungleichartige nach dem zugekehrten anzieht; Pfaff aber so

*) Schweigg. J. LXI. 303.

[illegible] durch eine [illegible] So, [illegible] wie er, beim [illegible] mit [illegible], und [illegible] derselben durch [illegible] durch ein anderes [illegible] des positiven [illegible]

[illegible] der [illegible]

[illegible] aus fremden [illegible] über diesen Geg[illegible] Magistrate: [illegible] allen [illegible] ihr die [illegible]

[illegible]

[illegible] p [illegible] $2l \sin \vartheta$ [illegible]

$$\frac{F}{4l^2 \sin^2 \vartheta}$$

Damit sie dem Gewichte einer der beiden Kugeln das G[illegible] so wir haben

$$\frac{F \cos \vartheta}{4l^2 \sin^2 \vartheta} = p \sin \vartheta$$

um) und die Sammetrose (Tagetes patula und erecta). Alle lumen haben eine starke mit Roth gesättigte gelbe Farbe, und Verfasser bei einigen Helianthus-Arten, die intensiv gelbe Blutten, so wie an der Gorteria ringens auch ein schwaches Leuchterkte, so scheint daraus hervorzugehen, daß jede orangefarblume zu bestimmten Zeiten leuchte.

Blumenblitze zeigen sich im Juli und August während der Beig der Blumen, kurz nach Untergang der Sonne, nach wartern Tagen, nie aber, wenn die Luft feucht ist.

nd dieselbe Blume blitzt oft mehrmal hinter einander; oft aber hen mehrere Minuten, bis sich ein neuer Blitz zeigt.

---

bulbiferum) und die Sammetrose (Tagetes patula und erecta). Alle diese Blumen haben eine starke mit Roth gesättigte gelbe Farbe, und da der Verfasser bei einigen Helianthus-Arten, die intensiv gelbe Blumen hatten, so wie an der Gorteria ringens auch ein schwaches Leuchten bemerkte, so scheint daraus hervorzugehen, daß jede orangefarbige Blume zu bestimmten Zeiten leuchte.

2) Diese Blumenblitze zeigen sich im Juli und August während der Befruchtung der Blumen, kurz nach Untergang der Sonne, nach warmen heitern Tagen, nie aber, wenn die Luft feucht ist.

3) Eine und dieselbe Blume blitzt oft mehrmal hinter einander; oft aber verstreichen mehrere Minuten, bis sich ein neuer Blitz zeigt.

Vierter Abschnitt.

Lehre vom Galvanismus und der Elektrochemie.

I. Über die Theorie des Galvanismus im Allgemeinen.

Streit der chemischen und Berührungs-Theorie des Galvanismus.

Die Ansicht, daß die Erregung der galvanischen Elektricität nicht in der Berührung der ungleichartigen Metalle unter einander, sondern in chemischer Einwirkung von Luft oder Flüssigkeiten auf die Metalle ihren Ursprung habe, ist neuerdings wieder mehrfach vertheidigt worden, und namentlich hat sie an de la Rive *) und Parrot **) eifrige Verfechter gefunden, die nicht allein die Erregung der strömenden Elektricität in der durch eine Flüssigkeit geschlossenen Kette der chemischen Einwirkung der Flüssigkeit auf die Erregerplatten beimessen, sondern selbst diejenige Elektricität, welche der Condensator zu erkennen giebt, wenn man die bekannten Volta'schen Fundamentalversuche zur Nachweisung der in Spannung befindlichen Berührungselektricität anstellt, von der oxydirenden Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit auf die Metalle ableiten. Rive hat in letzterm Bezuge mehrere Versuche angeführt, die für den ersten Anschein seiner Annahme sehr günstig zu sein scheinen, allein, wie Pfaff ***) durch Wiederholung und Erörterung dieser Versuche dargethan, sind die von ihm bekannt gemachten Thatsachen theils nicht richtig, theils nicht richtig gedeutet. Ich werde hier die Versuche zusammenstellen, die theils zur Widerlegung von Rive's Ansichten und Beobachtungen dienen, theils direct zum Beweise einer wirklichen Elektricitätserregung durch Contact führen können ****).

*) Vgl. besonders in diesem Bezuge Ann. de Ch. et de Phys. XXXIX. 297.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 361.

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 236.

****) Ich werde hiebei nur geringe Rücksicht auf eine weitläuftige Arbeit Marianini's (in den Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 28. 113.), die gegen de la Rive gerichtet ist, nehmen, da die Gründe, welche sie gegen die Ansichten dieses Physikers enthält, meist von derselben Gattung, aber weniger schlagend sind, als die im Verfolge mitzutheilenden.

A. In Bezug auf die Spannungselektricität.

1) De la Rive äußert sich folgendermaßen: „Wenn man die Platte s messingenen Condensators mit einer recht blanken Zinkplatte berührt, ɪt man sie nach der Berührung mit negativer Elektricität geladen; ist der bekannte Versuch von Volta. Allein es sind, unabhängig der Berührung, zwei Umstände vorhanden, welche eine aufmerksa- Untersuchung verdienen, deren eine die chemische Wirkung ist, welche das Zink die Feuchtigkeit der Hand äußert, mit welcher man das all hält; die andere die chemische Wirkung des Sauerstoffs und der sserdämpfe der atmosphärischen Luft auf die ganze oxydirbare Ober- e. Es ist leicht, sich vom Einflusse, welchen der erste dieser beiden tände äußert, zu überzeugen, indem man die Metallplatte mit einer ernen Zange faßt. In diesem Falle ist die Quantität Elek- ;ität unter übrigens gleichen Umständen viel geringer, wenn man die Finger, mit welchen man das Zink faßt, oach mit Salz- oder saurer Auflösung netzt. Man darf, it der Versuch gelinge, die Finger nicht zu sehr befeuchten, damit die ache Oxydschicht, welche sich bildet, nicht feucht sei: denn da dann die m elektrischen Flüssigkeiten, welche die chemische Wirkung entwickelt, durch einen ziemlich guten Leiter geschieden wären, so würden sie sich inigen und sich neutralisiren, während die Oxydschicht, wenn sie tro- ist, als isolirende Fläche dient, so daß die negative Elektricität sich den Condensator verbreitet, während die positive durch die Hand, die als Leiter dient, abfließt".

Hiegegen erinnert Pfaff *), es könne auch nach der antichemischen orie nicht auffallen, daß, wenn man das Zink mit einer hölzernen ge faßt, schwächere Zeichen von Elektricität erhalten werden, als bei assen mit feuchten Händen; denn da das Holz in seinem gewöhnlichen tande ein sehr schlechter Leiter ist, zumal für Elektricitäten von so acher Spannung, so könne die negative Elektricität, die sich in der ern Condensatorplatte ansammeln solle, fast in demselben Maße sich telst langsamen Abflusses durch die isolirende Zwischenschicht der Conden- rplatten, und die leitende Verbindung der obern Condensatorplatte dem Boden oder auf anderm Wege verlieren, als die positive durch Holz in den Boden abfließe, so daß sich das Resultat dem nähern d, was man erhält, wenn statt der hölzernen eine wirklich nicht lei- de Zange angewandt würde. Übrigens fand es Pfaff, — und Ohm, so ich selbst, stimmen ihm hierin nach unseren Erfahrungen bei —, gleich- ltig für die Wirkung, ob die Hände etwas mehr oder weniger feucht, sie mit gewöhnlichem Wasser oder mit einer Kochsalzauflösung genetzt ren.

*) Vergl. auch Ohm's Kritik der Versuche von Rive in Schweigg. LIII. 189.

Man kann ferner den Volta'schen Versuch so anstellen, daß die Feuchtigkeit der Hände gar nicht ins Spiel kommt. Zu diesem Zwecke wende man einen mit dem Elektrometer verbundenen Condensator an, dessen eine Platte von Zink, die andere von Kupfer ist und verbinde beide über einander liegende und, wie gewöhnlich, durch eine Firnißschicht getrennte, Condensatorplatten auf einen Augenblick durch einen metallenen Bogen, den man an einem isolirenden Handgriffe faßt. Hebt man, nach Entfernung dieses Bogens, die obere Condensatorplatte ab, so wird das Elektrometer seine elektrische Anzeige geben, wie im vorigen Falle.

Hier bliebe mithin nur noch der Einfluß der Luft und der darin enthaltenen Feuchtigkeit übrig, welcher eine chemische Wirkung hervorbringen könnte. Allein abgesehen von mehreren Umständen, welche nach Pfaff's sehr richtigen Erörterungen auf indirecte Weise gegen eine Abhängigkeit der elektroskopischen Erscheinungen bei diesen Versuchen von einer solchen chemischen Wirkung sprechen, so wird dieselbe auch direct durch folgende Erfahrungen Becquerel's und Pfaff's widerlegt.

1) Becquerel*) richtete einen Condensator vor, dessen untere Platte aus sehr sorgsam und überall vergoldetem Metall bestand, während die obere aus Zink verfertigt war. Das Zink war allenthalben mit mehreren Schichten Gummilack überzogen, ausgenommen an zwei Stellen, in deren einer ein Platinstäbchen befestigt war, während die andere mit einer Glasscheibe bedeckt wurde, so daß definitiv nirgends eine Stelle des oxydirbaren Zinks mit Luft in Berührung kam. Der Apparat wurde dann in ein Glasgehäuse gebracht, welches durch Ätzkalk möglichst ausgetrocknet worden war. Berührte man nun innerhalb dieses Gehäuses mit dem Finger, der zuvor mit destillirtem Wasser gewaschen worden, das Platinstäbchen, und hob darauf die obere Condensatorplatte ab, so zeigte die untere constant eine negative Ladung, ungeachtet hier nirgends eine chemische Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit Statt gefunden haben konnte.

Noch beweisender dürften folgende Versuche Pfaff's sein, zufolge deren die Volta'schen Grundversuche eben so gut gelingen, wenn man sie in trockenen nicht oxydirenden Gasarten, als wenn man sie in gewöhnlicher Luft anstellt.

Pfaff nahm eine Glocke, die mit zwei ledernen Hülsen (boîtes) versehen war und setzte unter dieselbe ein condensirendes Goldblattelektrometer, dessen eine Condensatorplatte von Zink, die andere von Kupfer war. Ein messingener Stiel, welcher durch eine der ledernen Hülsen hindurchging, war so an der obern Condensatorplatte befestigt, daß man durch Erhebung oder Senkung des Stiels die obere Condensatorplatte von der untern entfernen oder darauf niederlassen konnte. Durch die andere lederne Hülse gingen zwei Messingdrähte, die so angeordnet und an ihrem untern Ende gebogen waren, daß bei einer gewissen Lage der eine die obere und

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. [illegible]

der andere die untere Platte berührte, und da beide Metalldrähte an ihrem obern Ende außerhalb der Glocke mit einem andern Metalldrahte verbunden waren, so leisteten sie denselben Dienst, als wenn man eine Communication zwischen beiden Platten durch einen einfachen Metalldraht bewirkte. Durch Drehen der beiden Metalldrähte an ihrem auswendigen Ende ließen sich ihre inneren Enden von den Platten des Condensators wieder trennen, so daß der Volta'sche Versuch bequem angestellt werden konnte. Oben an der Glocke war ein Hahn angeschraubt, durch den sie sich, nachdem sie luftleer gepumpt worden, mit beliebigen trockenen oder feuchten Gasen anfüllen ließ.

Mochte nun das Elektrometer nebst Condensator mit feuchter oder trockener atmosphärischer Luft, mit Sauerstoffgas, Stickstoffgas, kohlensaurem Gas, Wasserstoffgas oder gekohltem Wasserstoffgase umgeben sein, so blieben sich doch die Resultate gleich.

De la Rive hat allerdings entgegengesetzte Resultate in diesem Bezuge bekannt gemacht, nach ihm soll, wenn das Gas ganz trockenes Stickgas oder Wasserstoffgas ist, kein Zeichen der Elektricität unter ähnlichen Umständen erhalten werden, sofort aber, wenn das Gas atmosphärische Luft, Sauerstoffgas und namentlich wenn es Chlor ist. Übrigens wurde der Versuch doch hierbei auf etwas andere Art angestellt, nämlich so, daß die messingene Condensatorplatte innerhalb des abgesperrten Raums mit einem Messingdrahte (tige) berührt wurde, der mit einer Zinkplatte in Verbindung stand, die ihrerseits von einer hölzernen Zange gehalten wurde, welche sich außerhalb des abgesperrten Raumes verlängerte und von der Hand angefaßt ward. Auch hier jedoch möchte vielleicht das schlechte Leitungsvermögen des Holzes wegen des Nichterfolges der Versuche anzuklagen sein.

Was übrigens einen Versuch mit Kali- oder Natrum-Metall, das unter Steinöl mit einer Platinzange gefaßt, kein elektrisches Zeichen nach Rive gab (Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 312.), betrifft, so glaubt Ohm (Schweigg. LXIII. 184), daß, da ölartige Überzüge von der geringsten Dicke schon die Fortleitung der galvanischen Elektricität hemmen, die Zwischeneinlegung einer solchen zwischen Platin und Kalimetall den Erfolg verhindert haben könne, anderer Mißstände bei diesem Versuche nicht zu gedenken.

Ich muß übrigens denn doch bemerken, daß die Versuche Pfaff's de la Rive noch nicht vermocht haben, seine Überzeugung zu ändern, denn er äußert neuerdings*) Folgendes:

„Ich habe von Neuem gefunden, daß der Contact allein, von jeder andern thätigen Ursache isolirt, für sich nicht im Stande ist, Elektricität hervorzurufen, weder unter der Form von Strömen, noch unter der

*) Schweigg. LIX. 493.

Resultate durch folgende Abänderung desselben geführt sehen, die keine Zweideutigkeit zuläßt.

Man ordne, wie vorhin, eine gewisse Anzahl Zink-Kupferplattenpaare einer eben so großen Anzahl Zink-Zinnplattenpaare entgegen, in derselben Kette, an. Man fülle die Zellen beiderseitig bis zu derselben kleinen Höhe mit Brunnenwasser: die Zink-Kupferplattenpaare werden vermöge ihres elektromotorischen Übergewichts den Ausschlag des Multiplicators bestimmen. Man lasse die Flüssigkeit bei den Zink-Kupferpaaren unverändert, aber fülle nun die Zellen bei den Zink-Zinnpaaren, welche für sich den entgegengesetzten Ausschlag bewirken würden, immer höher, und der vorhandene Ausschlag des Multiplicators wird, anstatt abzunehmen, immer mehr, und zwar nach derselben Richtung, zunehmen, und diese Zunahme wird noch höher steigen, wenn man Säure in die Zink-Zinnzellen zugießt. Läßt man jetzt die Zink-Kupferpaare aus der Kette, so wird sich die Nadel auf das Lebhafteste umkehren.

2) Noch directer als auf die vorige Weise glaube ich die chemische Theorie durch messende Versuche widerlegt zu haben, in denen ich die Veränderungen der elektromotorischen Kraft und des Leitungswiderstandes, welche bei Änderung der erregenden Oberfläche und der Schließungsflüssigkeit eintreten können, besonders untersucht habe. Hier nun hat sich mir ergeben, daß die elektromotorische Kraft in der That in keiner wesentlichen Abhängigkeit von der Stärke oder Beschaffenheit der Leitungsflüssigkeit oder Größe der erregenden Oberfläche steht, so daß die Änderung der Kraft, welche Ketten, aus denselben Platten geschlossen, mit verschiedenen Flüssigkeiten zeigen, in der That meist nur auf Rechnung des dadurch veränderten Leitungswiderstandes zu schreiben ist. Allerdings zeigen mehrere Flüssigkeiten Ausnahmen in diesem Bezuge, deren Ursache nicht erklärt ist, allein diese Ausnahmen sind wenigstens nicht von der Art, daß sie der chemischen Theorie zur besondern Stütze dienen könnten. Es mag genügen, einige Beispiele in dem angegebenen Bezuge aus meinen Maßbestimmungen über die galvanische Kette auszuheben:

Ich fand bei einem Plattenpaare aus Zink-Zinn die elektromotorische Kraft merklich gleich für Leitungsflüssigkeiten, deren Gehalt an Salzsäure durch verschiedene Zwischengrade von $\frac{1}{83}$ bis $\frac{1}{5412}$ Volumen variirte, wodurch die Kraft der Kette von 38,5 auf 5,44 abgeändert wurde. Diese ganze Abänderung kam auf Rechnung der Änderung des Leitungswiderstandes. (Maßbestimmungen S. 46 bis 52.)

So zeigte sich ferner die elektromotorische Kraft merklich gleich bei Zink-Kupfer für verschiedene Concentrationsgrade von schwefelsaurem Wasser, salpetersaurem Wasser, mäßig salzsaurem Wasser, Kupfervitriolauflösung, ungeachtet die ganze Wirkung der Kette sehr verschieden für diese verschiedenen Flüssigkeiten war. (Maßbestimmungen S. 55 bis 57.)

Für Brunnenwasser zeigte sich allerdings eine ungefähr im Verhältniß

tte aus Zink und Kupfer gemacht hat. Bekanntlich hat man es immer ter den Hauptbeweisen für die chemische Theorie angeführt, daß eine tte aus Zink und Kupfer in concentrirter Schwefelsäure zugleich keine mische und keine Strömungs=Wirkung zeigt, während in verdünnter hwefelsäure beide auf das Lebhafteste erfolgen.

Nun aber hat Ohm nachgewiesen (vergl. unipolare Leiter), daß e Unwirksamkeit der concentrirten Schwefelsäure bloß darauf beruht, dieselbe unter dem Einfluß der Schließung sehr schnell einen in contrirter Schwefelsäure unauflöslichen Überzug auf dem Zink hervorbringt, vermöge seiner schlecht oder nicht leitenden Eigenschaft die Strömung erbricht; daher in der That im ersten Augenblicke eine Strömung eint, die aber sehr schnell vermöge dieser Bildung unterbrochen wird. In dünnter Schwefelsäure bildet sich kein solcher Überzug, weil er darin öslich ist. Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei Brom etwas Ähnliches tt finde.

5) Daß auf solchen Veränderungen, welche oft sehr schnell erfolgen, der Rive zu Gunsten seiner Ansicht ausgelegte Umstand beruht, daß die trische Reihenfolge der Metalle sich nach Beschaffenheit der Flüssigkeit, der sie geschlossen werden, zu ändern scheint, habe ich schon durch frü: Versuche erwiesen *).

6) Folgenden Versuch hat schon vorlängst Berzelius als gegen die mische Theorie sprechend angeführt.

Eine gewisse Anzahl Becher ist zur Hälfte mit einer concentrirten lösung von salzsaurem Kalk, zur Hälfte mit verdünnter Salpetersäure illt, wovon die letztere sich wegen ihrer geringen Dichtigkeit nicht mit Salzlösung mischt, sondern auf derselben stehen bleibt. Kupferbögen, sich an einem ihrer Enden in ein Stückchen Zink endigen, dienen zur einigung der Becher, und sind so gestellt, daß das Zinkende ganz in Lösung des salzsauren Kalkes taucht und das Kupferende in die obennimmende Salpetersäure des nächsten Bechers. Dieser Becherapparat wickelt einen Strom, in welchem das Zinkende, obgleich es kaum angefen wird, und besonders viel weniger als das Kupferende, dennoch po: gegen dieses ist.

Die Beweiskraft dieses Einwurfs bestreitet de la Rive **) dadurch, er annimmt, der größere Theil des Stroms werde hier durch die gegenige Einwirkung der in Berührung befindlichen Flüssigkeiten rege, weleinen von der Salzlösung nach der Säure gerichteten Strom veran:, der dann vom Zink durch die beiden Flüssigkeiten zum Kupfer zu n scheint. In der That, wenn man statt der heterogenen Bögen hoene von Platin, Kupfer oder Zink nimmt und sie auf dieselbe se anordnet, so erhält man nach ihm einen Strom von gleicher Rich=

*) Biot III. 23.

**) Pogg. XV. 106.

Füllte Heberröhre, die beiden Platten durch den Multiplicator, so wird ... Ausschlag des letztern anzeigen, daß das Zink positiv elektrisch ist, ungeachtet es viel weniger angegriffen wird, als das in der verdünnten Säure ...hende Metall.

Marianini änderte diesen Versuch so ab, daß er gleichzeitig in das ...fäß mit verdünnter Schwefelsäure eine Zinkplatte und in das mit destillirtem Wasser eine Platinplatte (beide durch den Multiplicator in Verbindung stehend) tauchte. Die Ablenkung betrug 11°. Er kehrte jetzt den ...rsuch um, indem er, nach guter Abtrocknung der Platten, das Zink in ... Wasser, das Platin in die verdünnte Säure tauchte; die Ablenkung ...trug wieder 11°, ungeachtet im ersten Falle sehr starke chemische Wirkung, im letztern keine merkliche Statt fand.

Der letzte Versuch ward mit analogem Resultat mit Silber und Zink ... verdünnter Salpetersäure, so wie auch mit Graphit und Zink, Kupfer ...d Zink, Eisen und Zink wiederholt.

7) Becquerel hat gefunden, daß eine gut polirte Zinkplatte durch ...rührung mit einer salpetersauren Zinklösung stets negativ elektrisch wird, ...n man in die Lösung einen Tropfen Salpetersäure oder Schwefelsäure ...t; das Eisen dagegen in Berührung mit einer schwefelsauren Eisenlösung positiv elektrisch, wenn man in die Lösung einen Tropfen Schwefelsäure gießt. — Nun füllte Marianini ein Glas mit einer Auflösung von ...petersaurem Zink, ein anderes mit einer Auflösung von schwefelsaurem ...sen, that in ersteres einen Tropfen Salpetersäure, in letzteres einen ...opfen Schwefelsäure, tauchte in ersteres eine Zink-, in das zweite eine ...sen-Platte und verband diese durch den Multiplicator, die Gefäße aber ...rch einen mit destillirtem Wasser genetzten Docht. Der Strom ging im ...ultiplicatordraht vom Eisen zum Zink, d. h. das Zink verhielt sich positiv, ...s dagegen nach der Becquerel'schen Erfahrung die umgekehrte Richtung ... Stroms zu erwarten gewesen wäre, wenn, wie die chemische Theorie ...raussetzt, bloß die Wirkung der Flüssigkeit auf die Metalle, nicht deren ...ntactwirkung in Betracht käme. Dieser Versuch wurde mit verschiedenen Abänderungen im Verhältniß der aufgelösten Salze oder der zugesetzten Säure wiederholt, aber mit stets gleichbleibenden Resultaten; dieß ...r selbst dann noch der Fall, wenn die Quantität Säure, die in die Auflösung, worein das Eisen tauchte, zugefügt ward, einige tausend Mal mehr ...rug als die, welche in das andere Gefäß zugesetzt ward.

Verschiedene Abhandlungen.

Hinsichtlich folgender Abhandlungen verweise ich auf die Originalschriften:

Pohl Versuche und Bemerkungen über das polare Verhalten der Flüssigkeit in der galvanischen Kette, mit Berücksichtigung einiger dahin gehörigen Mittheilungen von Marianini, Pfaff und de la Rive in ...gg. XVI. 101.

r Berührungs-Elektricität im galvanischen Plattenpaaren.

abe ich für die Vertheilung der Elektrici-
):

ktricität an den Berührungsflä-
e Vergleich stärker als die Inten-
t, welche sich in merklichen Ent-
ungsoberfläche über die anderen
tet, so daß die Vertheilung der
erührenden Platten ganz dieselt-
) eine ganz dünne nichtleitende
ntgegengesetzten Elektricitäten
tten.

Satz beweisen, sind folgende:

tte von einem oder einigen Quadratzollen
t isolirt seyn kann, wiederholt in ihrer
großen isolirten Messing- oder Kupfer-
it nach jedesmaliger Berührung an den,
1, Condensator über **), kurz stelle den
an. Man wird den bekannten Erfolg er-
erholter Übertragung wird (nach Abheben
Elektroskop eine starke negative Elektri-
weise jedoch, daß diese Elektricität fast
ktricität kommt, welche während der Be-
ächen gebunden war, bei Trennung der
dann über die ganze Oberfläche der Platten
rgießt, wiederhole man den Versuch jetzt

mit der Kupferplatte zu berühren, lege
(recht trockene) Kupferplatte, mit
berühre nun diese in ihrer ganzen Fläche
Kupferplatte. Wie oft man solchergestalt
man wird kein oder höchstens ein sehr
wahrnehmen können.

die ganze Elektricität, welche bei der er-
den Effect hervorbrachte, an der Berüh-
, welche direct auf dem Zink liegt, gebun-

muß man Sorge tragen, auch die Zinkplatte,
n in Verbindung steht, zu entladen, damit
Kupfer im entladeten Zustande dargeboten
the Abänderung des Versuchs. Der Conden-
der Platte, deren Elektricität an ihn über-
n besten ein Bohnenbergersches.

[illegible]

[illegible] auf Größe und Glätte der Berührungsflächen ankommt, um ein merkliches Resultat zu erlangen, war schon früher bekannt. Je größer und glät[illegible] nämlich die Berührungsoberflächen sind, um so mehr wächst die Quantit[illegible] der sich an diesen Berührungsoberflächen anhäufenden condensirten, und b[illegible] Trennung der Flächen frei werdenden Elektricität. Eben so bekannt [illegible] daß bei der Modification des Volta'schen Versuchs, wo man den kupfe[illegible] nen Condensator mit nicht isolirtem Zink berührt, so daß der Condensator zugleich als Elektromotorplatte dient, nichts darauf ankommt, ob er in vi[illegible] oder wenig Punkten, einmal oder oft, berührt wird. Hier nämlich häng[illegible] der Effect nicht von der, an der Berührungsoberfläche condensirten, Ele[illegible] tricität ab, sondern von der gleichförmig sich verbreitenden Elektricitä[illegible] mit welcher sich der Condensator auf einmal sättigt. Die Intensität, welc[illegible] der Condensator auf letzte Weise zu erlangen vermag, ist aber, wie i[illegible] mich überzeugt habe, beträchtlich schwächer, als die er auf erstere Wei[illegible] zu erlangen vermag, wo man die Elektricität einer Platte, die eine an[illegible] mit größerer und glatterer Fläche berührt, recht oft nach Trennung v[illegible] derselben an ihm überträgt.

5) Legt man auf eine isolirte oder nicht isolirte Kupferplatte ei[illegible]

*) Daß wirklich die Elektricität von starker Intensität, welche an der B[illegible] rührungsfläche vorhanden ist, nicht merklich über sie hinausreicht, habe ich [illegible] gefunden, daß ich das Kupfer nur unter Zwischenlegung eines [illegible] (Kupfer) mit Kupfer berührte, auch in diesem Falle konnte [illegible] wiederholte Übertragung an den Condensator keine merklichen Anzeigen von El[illegible] cität zuwege bringen.

te, und berührt diese Zinkplatte wiederholt in ihrer ganzen Fläche
r eben so großen isolirten Kupferplatte, die man jedesmal nachher
und am Condensator entladet, so wird der Condensator merklich
negative Ladung erhalten, als wenn die untere Kupferplatte gar
handen gewesen wäre; denn die übertragende Kupferplatte zeigt
wie dies bekannt ist, kein Zeichen von Elektricität, so lange sie
: Zinkplatte liegen bleibt, weil die gleichförmig sich verbrei-
gative Elektricität, die sie durch Berührung mit dem Zink annimmt,
irt wird durch die eben so starke positive Elektricität, die von dem
rmöge dessen Berührung mit dem untern Kupfer, darauf übergeht;
i Trennung der obern übertragenden Kupferplatte von der Zink-
irb jedesmal die an ihren gegenseitigen Berührungsflächen conden-
ktricität frei und diese bewirkt jetzt den Ausschlag.

Folgender Versuch steht in genauem Zusammenhange mit den

n errichte mit Wasser eine Säule von 20 bis 25 Plattenpaaren
bengröße, in der Anordnung

Zink
Kupfer
Feuchter Leiter
Zink
Kupfer u. s. w.

ine Zinkplatte, welche fein und gleichförmig abgefeilt oder abge-
seyn muß, den obern Pol der Säule bildet. Ihren untern oder
ol setze man durch eine Metallkette mit dem Boden in Verbindung.
rühre die obere isolirte Zinkplatte wiederholt mit der Ecke einer eben
n isolirt gehaltenen Kupferplatte, deren dabei erlangte Elektricität
smal an ein condensirendes Elektroskop überträgt. Hierbei ist die
ätsmenge, die das Kupfer durch die directe Berührung mit dem
nimmt, wegen der kleinen Berührungsgröße als unmerklich außer
lassen, und die Kupferplatte wird sonach blos vermöge der Elek-
die vom Zinkpol auf sie übergeht, geladen erscheinen können. In
: giebt das Elektroskop nach einigemal wiederholten Übertragungen
Elektricität zu erkennen.

Intensität dieser vom positiven Pol auf die Kupferplatte über-
Elektricität ist jedoch weit geringer als die Intensität der nega-
ektricität, welche auf der Berührungsfläche des Kupfers mit dem
densirt und nach der Entfernung davon frei wird; und blos die
Quantität dieser condensirten Elektricität bewirkte bei vorigem Ver-
s übergewicht der positiven Elektricität des Pols. In der That,
derhole jetzt den vorigen Versuch so, daß man den Zinkpol, anstatt
mit einer Ecke der Kupferplatte zu berühren, mit der ganzen
derselben berührt. Nach einigemal wiederholter Übertragung wird
Elektroskop starke negative Elektricität zu erkennen geben. Hier

nach muß es einen mittlern Grad der Berührungsgröße geben, wo beide Elektricitäten sich vollkommen compensiren und selbst nach wiederholter Übertragung an das Elektroskop dieses gar keine Elektricität empfängt. Wirklich bestätigt dies die Erfahrung.

Unstreitig wird bei einer größern Anzahl von Plattenpaaren die Intensität des Pols so stark, um unter keinen Umständen mehr das Übergewicht der condensirten Elektricität zuzulassen. Ich habe jedoch vernachlässigt, den Versuch so weit auszudehnen.

Elektroskopische Wirkungen der geschlossenen einfachen galvanischen Kette, von Ohm *).

Ohm führt als ein, aus der Gesammtheit seiner Versuche hervorgehendes, Resultat über diesen Gegenstand Folgendes an:

Es mögen sich in einer geschlossenen galvanischen Kette die beiden Metalle einander in vielen oder in den wenigst möglichen Punkten berühren, die Flüssigkeit mag noch so schlecht oder noch so gut leitend seyn, und sie mag die Metalle in einer sehr großen oder in einer sehr kleinen Fläche berühren, der Abstand zwischen den beiden Metallflächen mag noch so gering oder noch so beträchtlich seyn: so zeigen diejenigen Theile der beiden Metalle, welche zunächst diesseits und jenseits der Berührungsstelle liegen, stets und zwar genau dieselbe Spannung, wie in der ungeschlossenen Kette, ja diese Unveränderlichkeit der Spannung behauptet sich in allen Ketten von bisher üblicher Form sogar in der ganzen Ausdehnung der Metalle in einer stets gleichen Weise.

Nicht nur in Bezug auf dies Gesetz, sondern auch in Bezug auf den elektrischen Zustand, den die einzelnen Stellen des flüssigen Leiters in einer seit längerer Zeit geschlossenen Kette darbieten, hat Ohm mehrere Versuche bekannt gemacht, deren Resultate wir hier mittheilen werden. Die erste Reihe dieser Versuche betrifft eine einfache Zinkkupferkette, welche mit destillirtem Wasser, die andre eine solche, welche mit Kochsalzauflösung geschlossen war, die dritte eine mit Brunnenwasser geschlossene Kette. Bei allen geschahe die Prüfung erst, nachdem schon längere Schließung vorausgegangen war. Wir wollen das Allgemeine, was sich über diese Versuche aussagen läßt, voranschicken.

Die Resultate, welche mit dem Kochsalzwasser und Brunnenwasser erhalten wurden, unterscheiden sich auffallend von denen, welche mit destillirtem Wasser erhalten wurden; die mit letzterm erhaltenen Resultate verhalten sich genau so, wie sie Ohm schon früher (Pogg. Ann. VI. 459 und in s. Schrift: die galvanische Kette) aus theoretischen Gründen abgeleitet hat. Die mit Kochsalzwasser und Brunnenwasser erhaltenen Resultate aber stimmen blos dann mit diesen Formeln überein, wenn man neben der zwischen Kupfer und Zink sich bildenden bekannten Spannung noch eine zweite voraussetzt, die (durch den Einfluß der Strömung selbst) in entgegengesetz

*) Schweigg. LXIII. 1.

Richtung zwischen dem Kupfer oder der Flüssigkeit sich bildet *) und er an Stärke zwar nicht völlig, aber doch nahe gleich kommt; oder auch ....n zwischen dem Kupfer und der Flüssigkeit in sehr geringer Ausdehnung großes Leitungshinderniß (Übergangswiderstand nach meiner Bezeichnung) ausgesetzt wird. Ohm ist geneigt, blos den ersten Umstand hierbei im ...iele anzunehmen; da man sich in der That von dessen Vorhandenseyn ...h dem in Schweigg. Jahrb. LX. 30. angegebenen Verfahren überzeugen ...n. Ich meinerseits muß gestehen, daß ich nach meinen direct messenden ...rsuchen, deren ich mehrere in Kochsalzauflösung, viele in Brunnenwasser ...gestellt habe, und die sich in meinen Maßbestimmungen der galvanischen ...tte verzeichnet finden, beide Ursachen zugleich im Spiele annehmen muß. ...nn constant hat sich mir hierbei, wenn die Kette 5 Minuten oder später ...ch der Schließung geprüft ward, sowohl eine verminderte elektro...otorische Kraft (welche nichts hindert, mit Ohm als von einer Gegen...annung abhängig anzunehmen) als ein vermehrter Übergangs...iderstand, welche beide Elemente sich nach dem von mir angewandten ...essenden Verfahren recht wohl trennen lassen, zu erkennen gegeben. Es ...icht hin, in diesem Bezuge einen Blick auf die Tabelle in meinen Maß...stimmungen S. 252 zu werfen, die ich weiterhin auch in diesem Reper...rium mittheilen werde. Bemerkenswerth ist übrigens, daß eine so ge...ige Quantität Salztheile, als im Brunnenwasser vorhanden ist, schon so ...eutende Modificationen in der Kette hervorbringen kann, als nach ...hm's Versuchen erhellt.

Erste Versuchsreihe, Schließung mit destillirtem Wasser. ...s einfache Kette wurde hier ein Bogen aus zwei, mit ihren einen Enden ...ammengelötheten, Streifen Zink und Kupfer angewandt, der halbkreisför...g gebogen war; als feuchter Leiter diente baumwollenes, nur leicht zusam...ngedrehtes, mehrfach genommenes, mit destillirtem Wasser wohl durchnäßtes ...rickgarn, welches von einem Ende des Bogens zum andern gespannt wurde.

A. Wurde der Kupferstreifen dieser Kette zwischen die ...nger gefaßt, die Kupferplatte des Condensators **) mit der andern ...nd ableitend berührt, und:

1) irgend eine Stelle des Zinkstreifens dieser Kette mit dem am Con...sator hervorragenden Zinkstift in Berührung gebracht, so gab das Elek...meter in dieser Stelle nach geschehener Öffnung des Condensators posi...ve Elektricität zu erkennen, und zwar ganz von derselben Stär..., wie sie dieselbe Kette gezeigt hatte, ehe noch die nasse Baum...lle in sie gespannt worden war.

*) Daß sie sich wirklich erst durch die Strömung bildet, beweist Ohm da...ch, daß unmittelbar nach der Schließung die Erscheinungen im Salzwasser ...en nahe stehen, die reines Wasser giebt, ja bei hinreichend schnell angestell...n Versuche ganz in sie übergehen.

**) Bestehend aus einer Kupferplatte und einer Zinkplatte, jede mit einem ...stehenden Stifte von gleichartigem Metalle versehen.

4) Wurde unter denselben Umständen der zunächst am Zinkstreifen liegende Theil der nassen Baumwolle mit dem Zinkstifte am Condensator in Berührung gebracht, so gab das Elektrometer eine Elektricität von derselben Art und Stärke wie oben zu erkennen.

5) Wurden hierauf andere Stellen des Baumwollenfadens, welche näher nach dem Kupferende der Kette zu lagen, mit dem Zinkstifte in Berührung gebracht, so nahm der Ausschlag des Elektrometers, wiewohl der Art nach gleich bleibend, doch an Stärke um so mehr ab, je näher die geprüfte Stelle an dem Kupferende lag, so daß in der Mitte des nassen Fadens die Anzeige der von einer halben Zinkkupferspannung sehr nahe kam, in ½ Durchmesser Abstand vom Kupferende nur sehr schwach war, zunächst am Kupferende aber ganz aufhörte.

B. Faßt man statt des Kupferstreifens den Zinkstreifen der Kette zwischen die Finger, berührt die Zinkplatte des Condensators mit der andern Hand, und bringt dann, vom Kupferstreifen ausgehend, die verschiedenen, unter A angezeigten, auf die verwechselten Metalle bezogenen Stellen der nassen Baumwolle mit dem Kupferstifte der andern Condensatorplatte in Berührung, so wird man am Goldstreifen des Elektrometers der Reihe nach ganz dieselben Bewegungen, wie sie unter A aufgezeichnet sind, wiederfinden.

Zweite Versuchsreihe, Schließung mit Kochsalzwasser. Zu dieser Versuchsreihe wurde ein 3 Zoll langes, ½ Zoll breites und ein Zoll tiefes, rechtwinklig parallelepipedisches Glasgefäß und ein Zinkkupferbogen angewandt, an dessen beiden Enden Seitenansätze, die mit dem übrigen gleichartigen Metall auf derselben Seite ein Continuum ausmachten, angebracht waren, und die sich genau an die schmalen Wände des Glasgefäßes anlegten, und dem Bogen Haltung gaben, wenn er mit ihrer Hülfe, wie ein Haken, in das Glasgefäß eingesenkt worden war. Der Zwischenraum zwischen diesen beiden, in das Glasgefäß gesenkten, Seitenansätzen wurde mit einer ziemlich starken Kochsalzlösung gefüllt und dann die so gebildete geschlossene Kette hinsichtlich ihres elektrischen Zustandes geprüft, indem der Verf. entweder eine Stelle der Kette und zugleich die eine Condensatorplatte ableitend berührte, und während dies geschahe, von der andern Condensatorplatte nach der zu prüfenden Stelle der Kette eine blos leitende Verbindung mittelst eines mit reinem Wasser benetzten Baumwollenfadens gehen ließ, oder indem er zwei mit den Condensatorplatten aus einerlei Metall gebildete und an isolirende Glasröhren befestigte Drähte, die an einem ihrer Enden Ansätze von mit reinem Wasser benetzter Leinwand oder Baumwolle erhalten hatten, mit ihren metallischen Enden an die gleichartigen Condensatorplatten anlegte, und zu gleicher Zeit die zwei auf ihren elektrischen Zustand zu prüfenden Stellen der Kette mit den befeuchteten Ansätzen der beiden Drähte in Berührung brachte. Beide Arten, den Versuch anzustellen, gaben dieselben Resultate, die auch dann noch dieselben blieben, wenn statt der ableitenden Berührung eines metallischen Theils

ab der einen Condensatorplatte, falls diese mit jenem Theile aus einerlei Metalle bestand, ein Draht von demselben Metalle die Gemeinschaft zwischen eiden herstellte. Bei jeder einzelnen Beobachtung wurden die mit reinem Wasser befeuchteten Ansätze an beiden Drähten, welche ohnehin nur einen Augenblick lang in der Flüssigkeit Dienste zu thun hatten, immer wieder urch frische ersetzt.

A. Geschah die eine Berührung der Kette am Kupfer, die andre am ink, oder an irgend einer Stelle der Flüssigkeit: so zeigten letztere Stellen ets eine stark positive Elektricität, die am Kupfer eine eben so stark ne- ative. Die Stärke dieser Anzeigen war in allen diesen Fällen nahehin eselbe und kam derjenigen gleich, welche ein ungeschlossener Zink-Kupfer- reifen an demselben Elektrometer hervorrief; nur eine recht aufmerksame eobachtung der jedesmaligen Bewegung des Goldstreifens, unterstützt durch ie in solchen Versuchen zu erlangende Sicherheit des Blickes wird im tande seyn, eine höchst geringe Verminderung der elektrischen Anzeigen in m Maß, als die berührte flüssige Stelle der Kette dem berührten Kupfer äher rückt, zu erkennen, die jedoch, wenn die Salzauflösung nicht zu hwach ist, auf keinen Fall den achten Theil einer Zink-Kupferspannung usmacht.

B. Geschah die eine Berührung der Kette am Zinke, die andere an gend einer Stelle der Flüssigkeit: so waren alle Anzeigen am Elektrometer ur höchst geringe, und zwar völlig null, wenn die berührte Stelle der lüssigkeit nahe am Zinke lag und kaum $\frac{1}{8}$ einer Zink-Kupferspannung be- agend, wenn die berührte Stelle der Flüssigkeit zunächst am Kupfer lag; rigens entsprach die Zinkstelle einer positiven, die übrigen Stellen einer gativen Elektricität, so wie die Anzeigen irgend merklich wurden. In- ssen muß begreiflich hier, wo alle Anzeigen nur höchst geringe sind, auf e Entfernung aller blos zufällig herbeigeführten Wirkungen die größte orgfalt verwandt werden.

Dritte Versuchsreihe, Schließung mit Brunnenwasser, f analoge Weise als die vorige Versuchsreihe angestellt. — Wurde hier s Kupfer ableitend berührt: so gab die zunächst an ihm liegende Flüssig- itsstelle am Elektrometer in Zink-Kupferspannungen gemessen, wie durch e unmittelbare Vergleichung erkannt wurde, schon $+\frac{1}{2}$, die Mitte der üssigkeit $+\frac{3}{4}$, und ihre zunächst am Zink anliegende Stelle oder das nk selber $+1$; wurde hingegen das Zink ableitend berührt: so zeigte die üssigkeit zunächst am Zinke 0, in der Mitte $-\frac{1}{4}$, zunächst am Kupfer $\frac{1}{2}$ und das Kupfer selbst -1.

Über die unipolaren Leiter.

Untersuchungen Ohm's *). Durch neue Untersuchungen Ohm's ben wir über die Ursache der scheinbar so paradoxen Eigenschaft der

*) Schweigg. J. LIX. 385. LX. 1.

Unipolarität ziemlich sichere Aufklärungen erhalten, wodurch sie alles Wunderbare verlieren. Folgendes sind die Resultate, die aus diesen Untersuchungen hervorgehen:

1) Die negative Unipolarität der Seife ist keine Eigenschaft, welche der Seife an sich zukommt, sondern sie entsteht dadurch, daß vermöge chemischer Wirkung der Kette auf die Seife, welche zur Schließung dient, sich ein schlechtleitender Überzug (Fettsäure?) an der Berührungsfläche des positiven Polardrahts mit der Seife bildet; wodurch die Phänomene der Unipolarität sofort erklärlich werden. In der That läßt sich nachweisen, daß die Ausbildung der Unipolarität bei der Seife eine zwar nur sehr kleine, aber doch wahrnehmbare Zeit bedarf, um zu Stande zu kommen; und eben so ist eine wirklich unter dem Einflusse der Kette erfolgende Zersetzung der Seife nachweisbar.

2) Die hier von der Seife gegebene Erklärung der Unipolarität scheint auch auf die Unipolarität der Flammen und andrer Körper sich anwenden zu lassen, in welchem Bezuge jedoch noch hinreichende Gewißheit fehlt.

3) Ein neuaufgefundener Körper von ausgezeichnet negativ unipolaren Eigenschaften ist die concentrirte Schwefelsäure, wenn sie zwischen Polardrähten von Zink oder Messing angebracht wird, dagegen sie zwischen Polardrähten von Platina oder Gold keine unipolaren Eigenschaften zeigt. Bei jenen Metallen erfolgt die, hier eine sehr merkliche Zeit zur Ausbildung bedürfende, Entstehung der Unipolarität vermöge Bildung eines in concentrirter Schwefelsäure unauflöslichen Überzuges von schwefelsaurem Zink.

4) Ohm führt unter den unipolaren Erscheinungen noch gewisse andere auf, die zwar der Äußerung nach den vorigen analog, aber auf anderm Grunde (Bildung einer Gegenspannung) beruhend sind, und die mir, da ihre Beziehung zu den vorigen in der That nur eine äußere ist, passender an einem andern Orte scheinen aus einander gesetzt zu werden.

Zu 1). Zum Beweise, daß die Ausbildung der Unipolarität bei der Seife eine gewisse Zeit bedarf, dient folgender Versuch:

Mit dem positiven Pole einer galvanischen Säule (aus 100 Zink-Kupferpaaren mit Kochsalzauflösung) stand ein Behnenbergersches Elektrometer in Verbindung, dessen Polknöpfe so weit aus einander gerückt waren, daß der Goldstreifen, ohne anzuschlagen, etwa $\frac{1}{2}$ Zoll weit aus seiner natürlichen Lage abgelenkt ward, wenn man den negativen Pol der Säule mit dem Erdboden in Verbindung setzte. Nun steckte Ohm in ein noch ungebrauchtes Seifenstück zwei blanke Messingdrähte von $\frac{1}{3}$ Lin. im Durchmesser, so daß ihre Spitzen etwa $\frac{1}{4}$ Zoll von einander entfernt blieben, und brachte den einen dieser Drähte mit dem negativen Pol der Säule in Verbindung, während die Seife fortwährend zwischen den Fingern gehalten ward, so daß der Goldstreifen fortwährend seinen höchsten Stand einnahm. Während nun so der eine Draht in sicherer Verbindung mit dem negativen Pol war, ließ Ohm den andern Draht, die Seife stets zwischen den Fin-

gern haltend, auf den positiven Pol herab, das Elektrometer dabei unverrückt im Auge behaltend. In dem Augenblicke, wo dieser Draht den positiven Pol berührte, fiel der Goldstreifen seiner natürlichen Stellung zu, zum Zeichen, daß im ersten Augenblicke keine unipolare Wirkung Statt fand; indeß noch ehe er die natürliche Stellung erreicht hatte, wurde er in seinem Falle aufgehalten und sogleich wieder auf seinen höchsten Stand zurückgetrieben, welches beweist, daß die Veränderung, welche die unipolare Wirkung bedingt, ausnehmend schnell einzutreten vermag.

Hebt man nach wenig Augenblicken den letzten Draht wieder vom positiven Pole ab, und läßt ihn nach einiger Zeit wieder auf denselben Pol herab, während der erste Draht unablässig mit dem negativen Pol in Verbindung bleibt, so wird der Goldstreifen nicht mehr fühlbar von seinem ersten Stande ab gegen seine natürliche Stellung hingetrieben werden. Ja man kann die Seife sammt ihren beiden Drähten aus der Säule ganz herausnehmen und sie längere Zeit (¼ Stunde) an einem beliebigen Orte ruhig liegen lassen, so wird doch bei Wiederholung des Versuchs (mit Vorsicht die Poldrähte wieder an ihre frühern respectiven Pole zu bringen) der Goldstreifen im Augenblicke der Schließung seinen höchsten Stand nicht im Mindesten verlassen. Die Änderung ist sonach dauernd.

Kehrt man aber nach einem so vorausgegangenen Versuche die Seife mit ihren Drähten um, und wiederholt denselben Versuch ganz auf dieselbe Weise, so daß jetzt das mit Drähten bewaffnete Seifenstück in umgekehrter Richtung die Säule schließt, so tritt im Augenblicke, wo der verwechselte Draht den positiven Pol berührt, nachdem der andre Draht mit dem negativen Pol in Verbindung gebracht worden ist, wieder das zuerst beobachtete Fallen des Goldstreifens seiner natürlichen Stellung zu, sein Stillstand unterwegs und sein unmittelbar darauf erfolgender Rückgang in die Stellung, von welcher er hergekommen ist, ganz in der frühern Weise ein. Wiederholt man, nachdem dieses geschehen ist, denselben Versuch bei derselben Lage des Seifenstücks aufs Neue, so tritt dieselbe Erscheinung nicht zum zweiten Male wieder ein; aber durch Umkehrung des armirten Seifenstücks kann man sie so oft wieder aufs Neue hervorrufen, als man will. Der Erfolg dieser Versuche bleibt stets derselbe, wenn man nur an der Art, wie die Drähte mit der Seife verbunden sind, keine Änderung vornimmt; denn jedes Herausnehmen der Drähte aus der Seife und Wiederhineinstecken in dieselbe, selbst wenn es in die alten Löcher geschieht, hebt in der Regel die Wirkung des vorangegangenen Versuches auf und macht den Erfolg in jedem Falle zweifelhaft.

Man kann die in den eben beschriebenen Versuchen sich kund gebende Erscheinung noch auf eine andre Weise verfolgen und so die Beobachtung gewissermaßen vervollständigen, indem man untersucht, welchen Einfluß sie auf den negativen Pol ausübt. In dieser Absicht bringe man jetzt das Elektrometer vom positiven Pole weg und mit dem negativen Pole in Ver-

bindung, und nehme ein noch ungebrauchtes Seifenstück, mit neuen, in dasselbe eingesteckten, Drähten. Nimmt man mit diesem neuen Seifenstücke den vorigen Versuch ganz in der alten Weise wieder vor, indem man, die Seife zwischen den Fingern haltend, ihren einen Draht mit dem negativen Pol in Verbindung setzt, wodurch jetzt der Goldstreifen im Elektrometer seine natürliche Lage einzunehmen veranlaßt wird, und, nachdem dieses geschehen ist, den andern Draht mit dem positiven Pol in Berührung bringt: so wird der Goldstreifen im Augenblicke der Schließung seine eingenommene Stellung nicht im Geringsten ändern; kehrt man aber hierauf das Seifenstück um und wiederholt denselben Versuch in derselben Weise, so wird jetzt der Goldstreifen im Augenblicke der Schließung seine natürliche Stellung verlassen und derjenigen zueilen, welche er in der offenen Säule einnimmt, wenn der positive Pol mit der Erde in Verbindung gesetzt wird; jedoch wird er auch hier schon unterweges aufgehalten und wieder in seine natürliche Stellung zurückgetrieben. Letztere Erscheinung stellt sich bei einer Wiederholung desselben Versuchs in derselben Art nicht wieder ein, kann aber durch Umkehrung des Seifenstücks sammt seinen Drähten so oft wieder hervorgerufen werden, als man will. Auch hier hat die Zeit auf den Erfolg des Versuchs keinen Einfluß.

Zum Beweise, daß nicht etwa (wie Configliachi vermuthete) eine an der Seife eingetretene Gegenspannung Ursache der beobachteten unipolaren Erscheinungen sey, prüfte Ohm das Seifenstück, welches zur Schließung gedient hatte, mit seinen beiden Drähten am Elektrometer ohne Zuziehung des Condensators (der unnütz gewesen wäre, weil eine nur durch ihn bemerkliche Wirkung zur Erklärung der unipolaren Erscheinungen nichts hätte beitragen können) hinsichtlich einer zwischen der Seife und dem positiven Drahte vorhandenen Spannung; allein es zeigte sich keine Spur davon. Es bleibt daher nichts übrig als anzunehmen, daß zwischen positivem Drahte und Seife ein durch den Strom selbst gebildeter Leitungswiderstand eingetreten sey, den man mit Fug in der hieher gehenden Fettsäure suchen kann. Daß in der That die Seife unter den Umständen, unter denen sich die unipolaren Erscheinungen äußern, zersetzt wird, erhellt aus der Angabe Prechtl's (Gilb. XXXV. 99), daß, wenn man die völlig trockenen Enden der Polardrähte in die isolirte Seife bringt, sie nach kurzer Zeit wieder aus derselben herausnimmt und sie auf alkalisch reagirendem Papier abwischt, immer das negative Ende eine alkalische Reaction zeigt, das positive aber keine oder zuweilen nur äußerst geringe.

Nach dem Vorstehenden wird sich nun auch, wenn man die Art, wie chemische Zersetzungen an Zwischendrähten erfolgen (Biot III. S. 381) mit in Rücksicht nimmt, der Erfolg nachstehenden zusammengesetztern Versuchs *) erklären lassen:

*) Seine Anordnung kann durch Fig. 21 auf Taf. VIII. in Biot III. versinnlicht werden, ist indeß auch ohnedieß klar.

Man nehme zwei noch ungebrauchte Seifenstücke von völlig gleicher Grösse und Gestalt, verbinde beide durch einen blanken Metalldraht (der hier einen Zwischendraht vorstellt) mit einander und versehe noch überdies jede der von einander abgewandten Flächen der beiden Seifenstücke mit einem Drahte von derselben Stärke, dergestalt, daß alle Drähte gleich tief in die Seife ragen und keiner den andern berührt. Verbindet man nun die äußersten Drähte dieser Vorrichtung mit den Polen der Säule, so wird man folgende Erscheinungen wahrnehmen. Berührt man den Draht, welcher mit dem negativen Pole zusammenhängt, oder das auf derselben Seite befindliche Seifenstück, an irgend einer Stelle mit dem Finger, so wird der negative Pol alle Spannung verlieren, der positive Pol hingegen seine höchste Spannung annehmen; berührt man aber den mittlern Draht oder irgend eine Stelle des andern Seifenstücks mit dem Finger, so werden beide Pole Spannungen von gleicher Stärke annehmen, gerade so, als wenn die Säule noch ungeschlossen und in ihrer Mitte mit dem Erdboden in Verbindung wäre; berührt man endlich den positiven Pol selbst oder den mit ihm vereinigten Draht der Seifenvorrichtung, so verliert dieser Pol alle Spannung und der negative nimmt seine größte Spannung an.

Noch eine Abänderung dieses Versuchs findet sich in der Originalabhandlung (Schweigg. LIX. S. 410) angeführt.

Mit dem Erfolge bei letzterm Versuche scheint allerdings die Angabe Erman's (Biot III. S. 90) in Widerspruch zu stehen, welcher an einer ähnlichen, aus zwei Seifenstücken zusammengesetzten, Vorrichtung blos das dem positiven Pole zugekehrte Seifenstück unipolar wirkend fand, nämlich so, daß der negative Pol alle Spannung verlor, der positive Pol hingegen das Maximum der Spannung annahm, man mochte den mittlern Draht oder eins der beiden Seifenstücke, an welcher Stelle es immer war, ableitend berühren; erst dann, nachdem zwischen dem positiven Polardraht und der damit zusammenhängenden Seife ein feuchter Leiter so gelegt worden war, daß er beide zugleich berührte, erhielt das andre Seifenstück unipolare Eigenschaften. Dieser Erfolg ist indeß nach Ohm ein anomaler, der nur dann Statt finden kann, wenn das Seifenstück mit dem positiven Polardrahte schon von einem vorhergehenden Versuche eine Veränderung erlitten hat, wie in der Originalabhandlung näher erörtert wird.

Zu 2). Was die andern Körper betrifft, von denen bisher unipolare Eigenschaften bekannt waren, wie trockner Eiweisstoff, Flammen u. s. w. so hat Ohm keine detaillirten Versuche (die hier zum Theil nicht ohne Schwierigkeit seyn würden) angestellt, aus welchen sich die Abhängigkeit ihrer unipolaren Eigenschaft von Bildung eines schlechtleitenden Überzugs ergäbe, doch hat er manche Erörterungen beigefügt, um die Möglichkeit einer solchen Bildung unter den Umständen der betreffenden Versuche darzuthun. Er erinnert überdies, er habe den Hauptumstand, daß die Ursache der Unipolarität nicht schon ursprünglich in den Körpern vorhanden sey, auch an einigen, deshalb der Prüfung unterworfenen, Flammen wiedergefunden.

m man den negativen Draht und die Säure durch einen feuchten Leiter bindet; und beide Elektrometer zugleich fallen zusammen, die Säule giebt läge und Wasserzersetzung tritt ein, wenn die nässe Verbindung vom tiven Drahte zur Säure geschieht. Hierin aber unterscheidet sich die wefelsäure von der Seife, daß statt des feuchten Leiters auch Drähte Platin, Gold, Blei oder Zinn genommen werden können, ohne daß urch der vorerwähnten Stromesverstärkung Eintrag geschähe.

Daß auch bei der Schwefelsäure die Unipolarität erst durch die Strö- g selbst erzeugt wird, mittelte Ohm zwar nicht, wie bei der Seife h das Elektrometer, sondern durch einen in den Kreis der Säule ein- halteten Multiplicator aus; indem er fand, daß, wenn die Kette zwi- n Polardrähten aus Messing oder Zink mit concentrirter Schwefelsäure hlossen ward, die Wirkung auf den Multiplicator zwar im ersten Au- blicke einen sehr bedeutenden Ausschlag (bis über 90°) gab, der aber 2 Minuten nie über 5° betrug. Da nun die Unipolaritätserscheinun- stets blos insofern auftreten, als die Strömungswirkungen verschwin- , so schloß er aus dieser Erfahrung *), daß auch bei der concentrirten wefelsäure die Unipolarität erst einer gewissen Zeit zu ihrer Ausbildung rf, und dies um so mehr, da Gold und Platin, welche keine unipola- Erscheinungen zeigten, auch eine viel größere bleibende Wirkung auf Nadel zeigten, indem hier der Ausschlag (nach 2 Minuten) nie unter betrug. Bei Blei, Zinn, Eisen, Silber und Kupfer war der Aus- g (nach 2 Minuten) in der Ordnung, wie diese Metalle aufgeführt den sind, geringer als bei Gold und Platin; doch zeigte er sich hier r wechselnd.

Die Wirkungsverhältnisse der verschiedenen Metalle in concentrirter wefelsäure bleiben nahehin dieselben, wenn man gleich die Anzahl ihrer mente bis auf 5 oder 4 vermindert; ist man aber in dieser Verminderung auf drei oder noch weniger Zink-Kupferelemente fortgeschritten, so wird die plication mit dem Ladungszustande, den die Pole annehmen, bemerklich, durch das Verhältniß bei den verschiedenen Metallen abgeändert wird.

Bei der Schwefelsäure läßt sich übrigens die Abhängigkeit der uni- aren Erscheinungen von Bildung eines schlechtleitenden Überzuges am itiven Polardrahte mit noch größerer Bestimmtheit als bei der Seife hweisen. Man bemerkt nämlich, daß sich Zink und Messing in der Kette ihren positiven Stellen mit einer dichten Rinde, aus einer derben salz- gen Masse gebildet, überziehen, die an der Luft oder über der Wein- tflamme getrocknet, von weißer, bei Messing von dunkelgrüner Farbe und in beiden Fällen zum größten Theile aus schwefelsaurem Zinke zu ehen scheint; daß aber Gold und Platin an derselben Stelle selbst nach

*) Bei der Allgemeinheit der Wirkungsabnahme der Ketten nach der ersten hließung scheint mir allerdings dieser Schluß nicht ganz bindend zu seyn. F.

längerer Zeit noch völlig ungeändert bleiben und dort nichts weiter fahren lassen als eine anhaltende Gasentwickelung, die dagegen bei Zink und Messing nur in den ersten Augenblicken nach der Schließung vorhanden ist, später jedoch ganz aufhört.

Von der schlechten Leitungsfähigkeit des an Zink und Messing sich bildenden Überzuges überzeugte sich Ohm durch directe Versuche; und der Umstand, daß der Überzug in concentrirter Schwefelsäure unangegriffen bleibt, zeigt, daß das schwefelsaure Zink hierin unauflöslich ist, während es dagegen in wässeriger Schwefelsäure sich sofort auflöst; daher hier die unipolaren Erscheinungen nicht zu Stande kommen. Auch am Kupfer, wenn es den positiven Pol darstellt, bildet sich unter dem Einfluß der Kette durch die concentrirte Schwefelsäure ein schlechtleitender Überzug, der zwar mit bloßem Auge nicht wohl wahrgenommen werden kann, indem das Metall vielmehr noch rein metallisch erscheint, aber unter der Lupe als eine glänzende farblose und durchsichtige Rinde sichtbar wird, und dessen schlechtes Leitungsvermögen dadurch erhellt, daß, wenn man der Schwefelsäure (nach eingetretener Veränderung des Kupfers) Quecksilber zur Schließung der Säule zwischen dem Kupfer substituirt, keine Wirkung auf den Multiplicator eintritt, die dagegen sofort erfolgt, wenn man das Kupfer mit dem Messer abschabt.

Unipolarität glühenden Platindrahts. Erman hat aus dem Umstande, daß, wenn man über die glühende Spirale einer aphlogistischen Lampe, die mit einem Goldblatt-Elektroskop in Verbindung steht, den negativen Pol einer trockenen Säule hält, Divergenz der Goldblätter erfolgt, nicht aber, wenn man den positiven Pol darüber hält, geschlossen, der glühende Platindraht besitze ein unipolares Leitungsvermögen für negative Electricität. Diese Erklärung des Phänomens wird jedoch von Becquerel*) mit Gründen bestritten. In der That, wenn man einen Platindraht, der durch irgend ein anderes Verfahren als die Verbrennung von Alkoholdämpfen, die ihn noch umgeben, zum Glühen gebracht ist, den beiden Polen einer trockenen Säule darbietet, so leitet er die Elektricität beider Pole gleich gut. Becquerel macht die Erklärung vielmehr davon abhängig, daß der Draht, der in einer Atmosphäre verbrennenden Alkoholdampfs glüht, negativ, und diese Atmosphäre positiv elektrisch sey. (Wie es scheint, stellt er sich beide in einer Art gebundenem Zustande vor.) Bietet man nun dem negativen Pole eine trockene Säule dar, so soll hierdurch die positive Elektricität der Atmosphäre neutralisirt und die negative des Drahts frei werden, bietet man sie dagegen dem positiven Pole dar, so soll die Elektricität des Drahts neutralisirt und die der Atmosphäre frei werden.

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 283.

III. Über trockene Säulen.

e Säulen mit verschiedenen organischen Substanzen.

ig *) hat in einer ausführlichen Abhandlung, von der wir uns das wesentliche Resultat herauszuheben, nachgewiesen, daß sich trockene Säulen auch aus organischen Körpern, ohne alle Mitnetallischer Körper, errichten lassen.

iesem Zwecke bereitete er aus den organischen Körpern möglichst te Lösungen oder rührte sie mit Wasser zu einem dünnen Brei an. ingen wurden dann vermittelst eines Pinsels wiederholt auf dünner (Conceptpapier) gestrichen, so daß dieses von einer Schicht bedeckt wurde, welche nach dem Trocknen deutlich wahrzunehmen ar das Papier trocken, so wurden aus demselben Scheiben ge und diese zu einer Säule aufgebaut, so daß, da nur die eine richen war, zwei ungleichartige Schichten allemal durch 2 Papiertrennt waren. Die Elektricität der Pole dieser Säulen ward an hnenbergerschen Electrometer geprüft. Solchergestalt zeigten sich

positiv.		negativ.
Natron	gegen	Hammeltalg.
Hefen	—	Rohrzucker.
Hefen	—	Kochsalz.
Hefen	—	Milchzucker.
Leinöl	—	Zucker.
Leinöl	—	Weißes Wachs.
Stärkmehl	—	Gummi.
Gummi	—	Salep.
Gummi	—	Traganthschleim.
Gummi	—	Bärlappsaamen.
Eiweis	—	Gummi.
Eiweis	—	Ochsenblut.
Ochsenblut	—	Belladonnaextract.
Ochsenblut	—	Stärkmehl.

r den Einfluß der Atmosphäre auf trockene Säu-

Die wesentlichsten Resultate aus einer Abhandlung Donné's n Gegenstand, die indeß nicht zu dem Gediegensten gehört, was diesen Gegenstand haben ***), sind folgende:

chweigg. LVI. 1.

nn. de Ch. et de Ph. XLII. 71. oder Schweigg. J. LVIII, 87.

Die meisten der Umstände, auf welche sich Donné's Arbeit bezieht, viel ausführlicher und sorgfältiger namentlich von Erman (Gilb. XXV, Parrot (ebend. LV. 163), Jäger (ebend. LII, 227), Schübler . Jahrb. VII. XV. XVI.) u. a. untersucht worden.

III. Über trockene Säulen.

e Säulen mit verschiedenen organischen Substanzen.
nz *) hat in einer ausführlichen Abhandlung, von der wir uns
, das wesentliche Resultat herauszuheben, nachgewiesen, daß sich
trockene Säulen auch aus organischen Körpern, ohne alle Mit-
metallischer Körper, errichten lassen.

diesem Zwecke bereitete er aus den organischen Körpern möglichst
te Lösungen oder rührte sie mit Wasser zu einem dünnen Brei an.
ungen wurden dann vermittelst eines Pinsels wiederholt auf dün-
ier (Conceptpapier) gestrichen, so daß dieses von einer Schicht
bedeckt wurde, welche nach dem Trocknen deutlich wahrzunehmen
ar das Papier trocken, so wurden aus demselben Scheiben ge-
und diese zu einer Säule aufgebaut, so daß, da nur die eine
trichen war, zwei ungleichartige Schichten allemal durch 1 Papier
rennt waren. Die Elektricität der Pole dieser Säulen ward an
hnenbergerschen Elektrometer geprüft. Solchergestalt zeigten sich

positiv.		negativ.
Natron	gegen	Hammeltalg.
Hefen	—	Rohrzucker.
Hefen	—	Kochsalz.
Hefen	—	Milchzucker.
Leinöl	—	Zucker.
Leinöl	—	Weißes Wachs.
Stärkmehl	—	Gummi.
Gummi	—	Salep.
Gummi	—	Traganthschleim.
Gummi	—	Bärlappsaamen.
Eiweis	—	Gummi.
Eiweis	—	Ochsenblut.
Ochsenblut	—	Belladonnaextract.
Ochsenblut	—	Stärkmehl.

r den Einfluß der Atmosphäre auf trockene Säu-
Die wesentlichsten Resultate aus einer Abhandlung Donné's
en Gegenstand, die indeß nicht zu dem Gediegensten gehört, was
diesen Gegenstand haben ***), sind folgende:

Schweigg. LVI. 1.

Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 71. oder Schweigg. J. LVIII. 87.

Die meisten der Umstände, auf welche sich Donné's Arbeit bezieht, viel ausführlicher und sorgfältiger namentlich von Erman (Gilb. XXV, Parrot (ebend. LV. 163), Jäger (ebend. LII, 227), Schübler J. Jahrb. VII. XV. XVI.) u. a. untersucht worden.

Eine trockene Säule, in den leeren Raum gebracht, deren einer Pol mit der Erde, der andere mit einem Elektrometer communicirt, besitzt die nämliche elektrische Spannung, als in der atmosphärischen Luft.

Die Wirkung der Temperatur auf die trockene Säule ist sehr complicirt. Fast stets steht ihre Spannung im Verhältnisse mit der Temperatur der Atmosphäre, indem sie mit der Wärme zu-, mit der Kälte abnimmt. Dieses Resultat ergiebt sich aus zahlreichen täglichen Beobachtungen, welche Donné zwei Jahre hindurch angestellt hat. Die Zunahme der Spannung hat jedoch nicht sofort Statt, wie die Temperatur steigt; manchmal zeigt sie sich erst, wenn das Thermometer wieder zu sinken anfängt, und der Grad der Spannung einer Säule hängt daher nicht allein von der bestehenden, sondern auch von der vorhergegangenen Temperatur ab. Es findet auch ein Unterschied Statt, je nachdem die Temperaturveränderungen plötzlich oder langsam und allmälig geschehen; während die Spannung durch erstere auf Null herabkommen kann, verliert sie durch letztere nur wenige Grade von ihrer Intensität.

Eine, einige Stunden hindurch über 20 bis 24° C. allmälig gesteigerte Wärme erhöht die Spannung nicht merklich. Läßt man die Säule langsam erkalten, so verliert sie an Kraft, bis sie die Temperatur der umgebenden Körper wieder angenommen hat; nach Verlauf von 24 Stunden ist sie auf denselben Punkt, als vor dem Versuche, zurückgekommen. Es scheint, nach Donné, daß die Wärme, außer ihrem Einfluß auf die chemischen Wirkungen, die in der Säule fortwährend vor sich gehen, auch durch mechanische Ausdehnung und Zusammenziehung der Theile auf die Spannung der Elektricität modificirend einwirkt. Bei Erwärmung der Säule nämlich dehnen sich im ersten Augenblicke die Säule und die Seidenfäden, durch die sie zusammengehalten wird, nicht gleich stark aus, und die Scheiben werden daher stärker gegen einander gepreßt, was die Intensität der Ladung vermehren muß, während das Erkalten einen umgekehrten Erfolg hervorruft. Es scheint, daß die Temperatur weniger durch Verminderung der Quantität der Elektricität, als durch Verlangsamung der Schnelligkeit ihrer Ladung wirkt.

Donné will die Thatsache beobachtet haben, daß eine an beiden Polen isolirte Säule keine Spannung an denselben besitze, wovon er den sehr unbestimmten Grund angiebt, daß sich die beiden Pole das Gleichgewicht halten. Es sollen nämlich zwei Goldblätter, an ein Ende einer trockenen Säule befestigt, bei sehr trockener Witterung keine Divergenz zeigen. Da diese Erfahrung, oder wenigstens das Resultat, was Donné daraus zieht, im Widerspruche mit anerkannten Thatsachen steht, so fordern die Commissarien der französischen Akademie mit Recht Herrn Donné zu einer Wiederholung und Abänderung seines Versuches auf.

Von dem ganz natürlichen Umstande, daß, wenn man in eine isolirte trockene Säule positive Maschinen-Elektricität am negativen Pol einströmen läßt, die Spannung des positiven Pols beträchtlich zunimmt, dagegen,

nn man sie am positiven Pol einströmen läßt, die Spannung am nega-
en Pole auf Null reducirt wird, glaubt Donné eine Anwendung machen
können zur Erforschung der Elektricität der Atmosphäre, oder der ent-
gengesetzten Elektricität, die sich auf einem Theile des Erdkörpers, unter
n Einflusse einer Gewitterwolke, findet. Da nämlich die Säulen in der
gel in verticaler Stellung, so daß ihr unterer Theil mit dem Erdboden
Verbindung ist, stehen, so können sie nur von unten Elektricität empfan-
n, und wenn die Erde solche darbietet, so muß ihre Spannung dadurch
dificirt werden. Donné suchte sie in der That aufzusammeln und fand,
ß ein sehr empfindliches, auf gehörige Weise mit dem Erdboden in Ver-
ndung gesetztes, Elektrometer unzweideutige Zeichen von Elektricität gab *).

Donné hat endlich gefunden, daß das Licht ohne Wirkung auf die
ockenen Säulen ist, und daß sich selbst durch einen Kreis (chapelet) von
Säulen, jede zu 1000 Scheiben, keine chemischen Wirkungen hervor-
ingen lassen.

Daß es Andern als Becquerel gelungen ist, chemische Versuche durch
mbonische Säulen hervorzubringen, ist bekannt und erhellt u. a. auch
s dem folgenden Artikel.

Strömungswirkungen trockener Säulen. Eine Notiz im
urn. de chim. méd. VI. 476. enthält Folgendes: Nach Peltier's Un-
rsuchungen geben trockene Säulen von 25 bis 50 einzölligen Elementen
s Maximum der Ablenkung am Galvanometer, welches 15° bis 24° je
ch dem Alter der Säulen betrug. Bei 200 Elementen betrug die Ablen-
ng kaum 3° bis 4°; bei 600 bis 1000 Elementen findet blos mitunter
erkliche Wirkung Statt (il n'y a sensibilité, que par intermittence).
urden dagegen die gleichnamigen Pole mehrerer trockenen Säulen verei-
igt, so wurde Lackmustinktur geröthet und salpetersaures Kupfer reducirt,
enn 30 funfzigpaarige Säulen vereinigt waren und die Ablenkung der
agnetnadel nahm mit der Zahl der so verbundenen Säulen zu. Mit
ner Säule von 40 Elementen von 6 Quadratzoll wurde Lackmustinktur
nen 3 Stunden geröthet und die Nadel des Galvanometers wich um 80°
s. Die Beschaffenheit der gebrauchten trockenen Säulen ist übrigens nicht
her angegeben.

Der Umstand, der aus diesen Versuchen hervorgeht, daß Verbindung
r Pole mehrerer gleichnamigen Säulen die Wirkung vorzugsweise verstärkt,
ganz in Übereinstimmung mit der Theorie; dagegen der Umstand, daß
ermehrung der Zahl der Elemente über eine gewisse Gränze hinaus die
irkung schwächen soll, nicht damit vereinbar ist, indem nach der Theorie
mehr bei successiver Vermehrung der Zahl der Elemente eine, bei trocke-
n Säulen sehr bald zu erreichende, Gränze eintreten muß, nach welcher
itere Vermehrung der Zahl der Elemente die Wirkung weder verstärkt noch
wächt. Das Resultat der Peltier'schen Versuche wird indeß erklärlich,

*) Dieser Versuch ist nicht näher beschrieben. F.

Alles ist luftdicht mittelst eines Wachsüberzuges verwahrt, und man hat Sorge getragen, die Nuß und die vorragende Drahtspitze frei von Wachs zu erhalten.

Die Kupferplatte EF, Fig. 58., ist mit Löchern durchbohrt, damit das Wasserstoffgas, sobald es sich an der Oberfläche des Zinks und des Quecksilbers gebildet hat, Durchgang finden und entweichen könne, indem es sich sonst als eine Blase an der untern Fläche der Kupferplatte sammeln, das Wasser über den Rand der Schalen treiben und die Wirkung der Säule vernichten würde. Eine Platte von Drahtnetz oder auch aus spiralförmig gewickeltem Kupferdraht würde eben so zweckmäßig sein, indem das Wasserstoffgas bequem durch die Zwischenräume dringen und diese Platte zugleich eine treffliche Oberfläche zur Leitung des Fluidums abgeben könnte.

Eine Quantität des flüssigen Amalgam's aus Zink und Quecksilber, bloß ausreichend, um den Boden zu bedecken, wird in die Schale geschüttet und steht nun mit der Kupferplatte E F durch die Schraubenmutter und den Draht in Verbindung. Auf dieses Amalgam wird so viel verdünnte Salzsäure geschüttet, daß sie beinahe die Schale füllt. Auf diese Weise hat man einen vollständigen Elektromotor hergestellt, zusammengesetzt aus Kupfer, dem erwähnten Amalgam und Säure, und indem man diese Reihe fortsetzt, kann man sie bis zu jeder Gränze vergrößern.

Bei dieser Anordnung wird das erwähnte Amalgam zur positiven Platte, während das Kupfer die negative abgiebt.

Will man mit diesem Apparate Versuche anstellen, so bringt man das Amalgam auf die beschriebene Weise in die Schalen, setzt letztere, wie in Fig. 56., übereinander, und die unterste Platte wird dann der negative und die oberste der positive Pol. Die Kette wird auf dieselbe Weise geschlossen, wie schon bei der vorigen Säule angegeben worden ist.

Das Amalgam, welches als das positive Metall bei dieser Anordnung angewendet wird, läßt sich leicht herstellen, und die Zubereitung nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Man thut eine Quantität Zinkbruchstücke in einen Schmelztiegel und gießt über dieselben ihr 4- oder 5faches Gewicht Quecksilber, alsdann bringt man den Schmelztiegel in ein gewöhnliches Feuer, und wenn das Quecksilber seinen Siedepunct erreicht, wird das Zink vollständig aufgelöst sein. Dieser Composition kann man, so lange sie warm ist, noch eine Quantität Quecksilber zusetzen, und sie wird sich mit ihr ganz auf dieselbe Weise verbinden, als ob sie im Schmelztiegel mit erhitzt worden wäre. Wenn das Amalgam einmal zubereitet worden ist, kann man so lange davon Gebrauch machen, als nur noch Zink in der Auflösung bleibt, und da die Quantität Zink, welche bei jedem Versuche von der Säure aufgelöst wird, sehr klein ist, so kann dasselbe Amalgam eine ziemlich lange Zeit hindurch gebraucht werden, nämlich so lange, als noch ein Theilchen Zink mit dem Quecksilber in Verbindung sich befindet. Nachdem alles Zink von der Säure aufgelöst worden ist, bleibt das Quecksilber

che Elektromotore läßt man mehrere verfertigen und setzt sie, nach-
das Quecksilber und die Säure eingetragen hat, über einander,
rch eine Säule zu construiren, wie Fig. 56. zeigt. Die Zinkplatte
Schale wird dann mit der Säure der unmittelbar unter ihr
Schale in Verbindung sein *), und die Schale selbst ruht in einer
alze, welche ringsum am untern Theile des Randes angebracht ist.
Weise kann man eine beliebige Anzahl von Elektromotoren über
bauen und, wenn es sich nöthig macht, vermittelst Glasstäbchen,
die Basis eingefügt werden, an ihrer gehörigen Stelle erhalten.
indessen nur dann nöthig, wenn die Säule von geringem Durch-
; denn bei einer Säule von größerm Durchmesser kann man eine
che Menge von Schalen aufschichten, auch wohl zwei oder meh-
ilen herstellen und sie auf die gewöhnliche Weise mit einander

nun mit diesem Apparate zu experimentiren, ist eine kleine messin-
hre G, in die Basis eingesetzt, so daß sie mit dem Quecksilber in
sten Schale in Verbindung steht. In diese Röhre wird der Schlie-
ht eingesetzt. Eine andere solche Röhre ist in das Kopfstück oder
erste Schale der Säule eingesetzt, in welche man ebenfalls einen
nführt, um so die galvanische Kette schließen zu können.
Zinkplatte ist deshalb convex gemacht, damit das an seiner untern
ebildete Wasserstoffgas entweichen könne, weil es sich sonst in Form
ase sammeln und die Säure verdrängen würde. Der Zweck des
genden Randes an den Schalen ist auf Verhütung des Überlaufens
, so wie, um eine Communication zwischen den verschiedenen
der Säule zu verhüten, wodurch ihre Thätigkeit aufgehoben wer-
de **).

Apparat mit Zinkamalgam als positivem, Kupfer als
em Metall. Die Anordnung dieses Apparates, der sich vorzüg-
h seine andauernde Wirksamkeit und starke Verbrennungsthätig-
eichnen soll, stimmt im Allgemeinen mit der des vorigen überein.
nämlich AB, CD Fig. 55. wiederum eine runde hölzerne Schale
oll Tiefe und 3 Zoll Durchmesser, mit dem vorspringenden Rande
r. H ist ein kleiner hölzerner Knopf, im Mittelpuncte des Bo-
die Schale gedreht, der 1½ Zoll nach niederwärts vorragt.
ist eine runde Kupferplatte, mittelst eines kupfernen Drahtes,
en ein Schraubengang geschnitten ist, an die Schale befestigt. Der
uft durch die Schale und schraubt sich in die messingene Nuß J,
, welche inwendig in die Schale eingelassen ist. Der hölzerne Knopf
daß die Kupferplatte in ihrem gehörigen Abstande erhalten werde.

*) Es ist mir aus dieser Beschreibung nicht deutlich, wie jede Zinkplatte
iterstehenden Schale unterstützt gehalten wird, um nicht mit deren Zink
Berührung zu kommen. F.

**) Dies erhellt wenigstens nicht aus Fig. 56. F.

Alles ist luftdicht mittelst eines Wachsüberzuges verwahrt, und man hat Sorge getragen, die Nuß und die vorragende Drahtspitze frei von Wachs zu erhalten.

Die Kupferplatte EF, Fig. 58., ist mit Löchern durchbohrt, damit das Wasserstoffgas, sobald es sich an der Oberfläche des Zinks und des Quecksilbers gebildet hat, Durchgang finden und entweichen könne, indem es sich sonst als eine Blase an der untern Fläche der Kupferplatte sammeln, das Wasser über den Rand der Schalen treiben und die Wirkung der Säule vernichten würde. Eine Platte von Drahtnetz oder auch aus spiralförmig gewickeltem Kupferdraht würde eben so zweckmäßig sein, indem das Wasserstoffgas bequem durch die Zwischenräume dringen und diese Platte zugleich eine treffliche Oberfläche zur Leitung des Fluidums abgeben könnte.

Eine Quantität des flüssigen Amalgam's aus Zink und Quecksilber, bloß ausreichend, um den Boden zu bedecken, wird in die Schale geschüttet und steht nun mit der Kupferplatte E F durch die Schraubenmutter und den Draht in Verbindung. Auf dieses Amalgam wird so viel verdünnte Salzsäure geschüttet, daß sie beinahe die Schale füllt. Auf diese Weise hat man einen vollständigen Elektromotor hergestellt, zusammengesetzt aus Kupfer, dem erwähnten Amalgam und Säure, und indem man diese Reihe fortsetzt, kann man sie bis zu jeder Gränze vergrößern.

Bei dieser Anordnung wird das erwähnte Amalgam zur positiven Platte, während das Kupfer die negative abgiebt.

Will man mit diesem Apparate Versuche anstellen, so bringt man das Amalgam auf die beschriebene Weise in die Schalen, setzt letztere, wie in Fig. 56., übereinander, und die unterste Platte wird dann der negative und die oberste der positive Pol. Die Kette wird auf dieselbe Weise geschlossen, wie schon bei der vorigen Säule angegeben worden ist.

Das Amalgam, welches als das positive Metall bei dieser Anordnung angewendet wird, läßt sich leicht herstellen, und die Zubereitung nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Man thut eine Quantität Zinkbruchstücke in einen Schmelztiegel und gießt über dieselben ihr 4- oder 5faches Gewicht Quecksilber, alsdann bringt man den Schmelztiegel in ein gewöhnliches Feuer, und wenn das Quecksilber seinen Siedepunct erreicht, wird das Zink vollständig aufgelöst sein. Dieser Composition kann man, so lange sie warm ist, noch eine Quantität Quecksilber zusetzen, und sie wird sich mit ihr ganz auf dieselbe Weise verbinden, als ob sie im Schmelztiegel erhitzt worden wäre. Wenn das Amalgam einmal zubereitet worden ist, kann man so lange davon Gebrauch machen, als nur noch Zink in der Auflösung bleibt, und da die Quantität Zink, welche bei jedem Versuche von der Säure aufgelöst wird, sehr klein ist, so kann dasselbe Amalgam eine ziemlich lange Zeit hindurch gebraucht werden, nämlich so lange, als noch ein Theilchen Zink mit dem Quecksilber in Verbindung sich befindet. Nachdem alles Zink von der Säure aufgelöst worden ist, bleibt das Quecksilber

ınz rein zurück, ohne daß die geringste Verminderung Statt gefunden hat, an nur das Zink allein wird angegriffen. Ist alles Zink aus dem Queck-lber verschwunden, so nimmt man eine neue Amalgamirung vor.

Nachdem das Amalgam bereitet ist, kann man es auf jede Zeitlänge : Gefäßen verwahren, bei welchen die Einwirkung der Atmosphäre aus-eschlossen wird. Aus diesen schüttet man es, sobald man es brauchen will, ı die bezeichneten Schalen.

3) Apparate aus Zinkamalgam als positivem, Quecksil-ber als negativem Leiter. Die Wirksamkeit dieser Apparate scheint icht ausgezeichnet zu sein, doch sind sie als Beispiel von Säulen, wo eide heterogene Metalle flüssig sind, immer erwähnenswerth.

a) AB, Fig. 59., ist ein hölzerner Trog, 18 Zoll lang, 4½ Zoll breit und etwa 2 Zoll tief, in 18 Zellen durch gläserne Scheidewände getheilt, und zwar so, daß die Scheidewände aaa... bloß ¼ Zoll hoch sind, die damit abwechselnden Scheidewände bbb... aber fast so hoch als der Trog tief sind. In die erste Zelle wird reines Quecksilber, bloß so viel, um den Boden zu bedecken, in die zweite Zelle eben so viel flüssiges Zinkamalgam, in die dritte wieder reines Quecksilber, in die vierte Zinkamalgam u. s. f. abwechselnd gegossen. Bögen aus Kupferdraht cc, cc, welche über die höheren Scheidewände hinweggehen, verbinden das Quecksilber und das Amalgam der ersten und zweiten, dritten und vierten Zelle u. s. f. Endlich gießt man in sämmtliche Zellen verdünnte Salzsäure, so daß es fast die Höhe der höheren Scheidewände erreicht. Zwischen den äußersten Zellen wird auf gewöhnliche Weise die Schließung bewirkt.

Es lassen sich mit diesem Apparate alle Wirkungen der Säule hervorbringen, doch ist seine Wirkung nicht ausgezeichnet.

b) Kemp beschreibt noch eine Modification des vorigen Apparates, die im Wesentlichen darin besteht, daß die verbindenden Kupferbögen durch Heberröhren, welche mit Quecksilber gefüllt werden, ersetzt sind, so daß die Gegenwart eines festen Metalls hier ganz ausgeschlossen bleibt. Diese Heberröhren gehen nicht, wie bei der vorigen Anordnung, über die Scheidewände hinweg, sondern münden, was mehr Bequemlichkeit gewährt, unten in die Zellen ein, so daß der Bogen abwärts gekehrt ist.

Albert's galvanischer Apparat. Dieser, namentlich zu elek-romagnetischen Wirkungen bestimmte Apparat, bestehend in einer einfachen ette aus zwei concentrischen Kupfer- und Zink-Cylindern, bietet bloß in n Nebenvorrichtungen, welche bei der Schließung angewandt werden, ıige Eigenthümlichkeiten dar, welche bezwecken, alle Vorkehrungen zu den ızustellenden Versuchen und Herstellung von Communicationen eher zu be-irken, als man die Schließung selbst vornimmt, damit der Apparat mit ıgeschwächter Wirksamkeit in den Versuch eintrete. Diese Eigenthümlich-iten scheinen mir nicht wichtig oder nothwendig genug, um die nähere

der Lehre von den Parallelkräften und dem Magnetismus gezeigt, daß Kraft, welche die Nadel in die Lage ihres Gleichgewichtes zurückzufüh- strebt, proportional ist dem Quadrat der Geschwindigkeit dieser Schwin- ıgen, d. h. mit anderen Worten, dem Quadrat der Anzahl von Schwin- ıgen, welche von derselben Nadel in derselben Zeit vollbracht werden, r, was dasselbe ist, umgekehrt proportional dem Quadrate der Anzahl :theile, welche zur Vollbringung derselben Anzahl Schwingungen erfor- :ich sind.

Um hiervon die Anwendung auf unsern Fall zu machen, lasse man im Multiplicator (oder einfachen Schließungsbogen) befindliche Nadel wir zuvörderst für eine einfache nehmen wollen), nachdem man die ndungen des Multiplicators senkrecht auf sie oder vielmehr so gestellt, ein durch die Windungen hindurchgehender Strom der Nadel keine Ab- ung einzupflanzen vermag, erst allein durch den Einfluß der magneti- n Erdkraft oscilliren — zu welchem Zwecke man sie nicht durch Anstoß, ern durch ein Eisen- oder schwaches Magnetstäbchen aus ihrer Rich- ; abzulenken hat —, und zähle nach dem Schlage einer genauen Uhr : eines Pendels die Anzahl Zeittheile, die sie braucht, eine gewisse An- Oscillationen zu vollbringen; indem man sich innerhalb der Grenzen so kleinen Weiten der Schwingungen hält, als sich mit einem merk- :n Isochronismus derselben noch verträgt. Durch diese erste Zählung :lt man das Maß der Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus auf die el wirkt.

Man zähle jetzt, wie vorhin, die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel ıcht, um unter dem vereinigten Einflusse der Erdkraft und Kraft des omes dieselbe Zahl Schwingungen zu vollbringen, als vorher unter dem flusse der Erde allein; so wird man das Maß für die Summe der ft erhalten, mit welcher die Erde und mit welcher der Strom auf die el wirkt; und zieht man von dieser Kraft die durch den vorhergegan- :n Versuch gefundene Kraft der Erde ab, so erhält man dadurch das ß der Kraft, mit welcher der Strom allein auf die Nadel wirkt.

Um dies an einem Beispiele zu verdeutlichen, wollen wir annehmen, Magnetnadel brauche zur Vollendung von 20 Oscillationen unter dem flusse der Erdkraft allein 100 Zeittheile, so erhalten wir dadurch als ß der Erdkraft die Zahl $\frac{1}{10000}$ oder 0,0001, weil 10000 das Quadrat 100 ist und die Kraft sich diesem Quadrat umgekehrt proportional ält.

Gesetzt nun, die Nadel brauche unter dem vereinigten Einfluße des omes irgend einer Kette und der Erdkraft bei oben getroffener Anord- ; bloß 50 Zeittheile zu 20 Oscillationen, so wird das Maß für die nme beider Kräfte sein $\frac{1}{2500}$ oder 0,0004; mithin wenn man das erst- ndene Maß vom letztgefundenen abzieht, so erhält man für das Maß Kraft des Stromes allein $\frac{1}{2500} - \frac{1}{10000}$ oder 0,0004 — 0,0001, d. i. 003. Mithin verhält sich in diesem Falle die Kraft, mit der der Strom

allein, nach Abzug der Erdkraft, auf die Nadel wirkt, zur Kraft, mit der die Erde auf die Nadel wirkt, wie 3 : 1.

Gesetzt jetzt, die Nadel brauche unter dem Einflusse eines andern Stromes 30 Zeittheile zu 20 Oscillationen, so ist das Maß für die Kraft des Stromes allein $\frac{1}{900} - \frac{1}{10000}$, d. i. 0,00101; mithin verhält sich die Kraft dieses zweiten Stromes zur Kraft des ersten wie 10,1 zu 8.

Zweckmäßig ist es, in jedem Falle die Kraft der Erde als Einheit zu Grunde zu legen, und hiermit dann alle verschiedene Stromkräfte zu vergleichen. Man erleichtert sich diese Berechnung durch die untenstehende Formel *).

Die jetzige Berechnungsart galt für den Fall, wo die Kraft der Erde und die Kraft des Stromes die Pole der Nadel nach derselben Seite des Schließungsdrahtes zu drehen und in dieser Lage zu erhalten streben. Bei einer entgegengesetzten Richtung des Stromes würde die Zahl Zeittheile, die man unter dem vereinigten Einflusse der Erdkraft und des Stromes zu einer gewissen Anzahl Oscillationen erforderlich findet, nicht mehr der Summe, sondern der Differenz beider Kräfte, das heißt der Kraft des Stromes weniger der Erdkraft, entsprechen; man müßte daher bei einer solchen Anordnung der Nadel die durch den ersten Versuch gefundene Kraft der Erde zu der durch den zweiten Versuch gefundenen Kraft addiren, um das richtige Maß der Kraft des Stromes allein zu haben. Indeß ist es im Allgemeinen vortheilhafter, die Anordnung nach der ersten Weise zu treffen, was man immer in seiner Gewalt hat **).

*) Die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel zur Vollbringung einer gewissen Anzahl Schwingungen unter dem bloßen Einfluße der Erdkraft braucht, heiße N, die Zahl Zeittheile, die sie unter dem vereinigten Einfluße der Erdkraft und des Stromes braucht, heiße N'; dann ist das Maß der Kraft des Stromes:

$$\frac{1}{N'^2} - \frac{1}{N^2} = \frac{N^2 - N'^2}{N^2\, N'^2}$$

oder, wenn man die Kraft der Erde als Einheit setzt:

$$= \frac{N^2 - N'^2}{N'^2}$$

Letztere Formel ist zur Anwendung die bequemste.

**) Man könnte, anstatt die Zahl Zeittheile zu messen, welche zu einer gewissen Zahl Oscillationen erforderlich sind, auch die Oscillationen zählen, die in einer gewissen Zeit, erst unter dem Einfluße der Erde allein, dann unter dem vereinigten Einfluße der Erde und des Stromes vollbracht werden, und das Quadrat ersterer Zahl vom Quadrat letzterer abziehen, im Fall beide Kräfte die Nadel nach derselben Seite vom Schließungsdrahte zu kehren streben, oder zu ihm hinzuaddiren, im Fall sie sich entgegenwirken, um so das Maß der Kraft des Stromes allein zu erhalten. Allein bei geringen Stromkräften, wo die Oscillationen sich verlangsamen, verliert dies Verfahren alle Präcision, weil man dann bei derselben Anzahl Zeittheile immer auf Bruchtheile von Schwingungen kommt, die von größerm Einfluße werden als bei dem obigen Verfahren, weil sich nicht so viel Schwingungen als Zeittheile als Maß zu Grunde legen lassen.

[illegible]

[illegible]

[illegible] zu [illegible]

[illegible] genau und [illegible]

bei der Anwendung desselben noch eine Menge Vorsichtsmaßregeln und Rücksichten zu beobachten sind, die zum Theil die nähere Ausführung des Meßverfahrens selbst betreffen, zum Theil darauf hinausgehen, sich von dem veränderlichen Zustande der Ketten, deren Wirkung man messen will, unabhängig zu machen. Ich habe diese Vorsichtsmaßregeln, zu deren Kenntniß mich eine anhaltende Beschäftigung mit diesem Gegenstande geführt hat, in meinem Lehrbuche des Galvanismus S. 152 ff. und noch ausführlicher in meinen Maßbestimmungen über die galvanische Kette Seite 9 ff. sorgfältig angegeben; auch in letzterm Werke S. 18 ff. die bei messenden Versuchen zu treffenden Anordnungsarten der Ketten beschrieben. Ich begnüge mich hierauf zu verweisen, da diese Umstände nur für die von Wichtigkeit sind, die sich selbst mit solchen Versuchen beschäftigen wollen, ich aber wohl voraussetzen darf, daß diese sich im Besitz meines Werkes über diesen Gegenstand befinden werden.

Eine Einrichtung eines neuen vergleichbaren Galvanometers zur Messung elektrischer Ströme von Nobili findet sich beschrieben in den Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 146, oder Pogg. XX. 213 oder Baumg. VIII. 70. Sie scheint mir jedoch so umständlich und in manchen Stücken precär, daß ich nicht glaube, daß jemand, der die (Nobili'n wie es scheint ganz unbekannten) Methoden der Drehwage und Oscillationen, die so wenig zu wünschen übrig lassen, kennt, sich zu Nobili's Methode entschließen dürfte. Da auch ihre Erörterung nicht ohne Umständlichkeit geschehen könnte, so übergehe ich sie.

VI. Über die Umstände, durch welche die Stärke und Dauer der Kraft geschlossener galvanischer Ketten bestimmt wird.

Über diesen Gegenstand habe ich selbst sehr ausführliche Untersuchungen angestellt, die ich in einer besondern Schrift: Maßbestimmungen über die galvanische Kette 1831. bekannt gemacht habe. Der Umfang der daselbst mitgetheilten Versuche erlaubt mir nur einen sehr kurzen Auszug der Resultate daraus, den ich hier vorlegen werde, unter Beifügung dessen, was auch von Anderen neuerdings in diesen Beziehungen geleistet worden ist.

A. Über das Grundgesetz der geschlossenen Kette.

Die Kraft geschlossener galvanischer Ketten hängt nicht bloß von der Stärke der durch wechselseitige Berührung der Metalle erzeugten Elektricität, wie sie sich im ungeschlossenen Zustande äußert, ab, sondern auch von der größern oder geringern Schwierigkeit, welche diese Elektricität beim Durchgange durch die verschiedenen Leiter, die sie auf ihrem Wege zu

durchlaufen hat, findet, woher es rührt, daß Säulen, welche in ungeschlossenem Zustande eine sehr starke Intensität der Elektricität für das Elektrometer zeigen, doch sehr schwache Strömungswirkungen hervorbringen, wenn der flüssige Leiter in ihnen ein sehr schlechtes Leitungsvermögen besitzt *). Es sind sonach zwei Elemente in der geschlossenen Kette zu betrachten, von welchen die Stärke der Strömung abhängt: 1) die *elektromotorische Kraft*, d. i. die Stärke oder Intensität der Elektricität, welche die Kette in ungeschlossenem Zustande zeigt; 2) der *Leitungswiderstand*, der die Elektricität beim Hindurchgehen durch die verschiedenen Theile der Kette erfährt, und der im umgekehrten Verhältnisse dessen steht, was man gewöhnlich *Leitungsvermögen* der Körper zu nennen pflegt, so daß ein Körper einen *doppelten Leitungswiderstand* äußert, wofern sein Leitungsvermögen nur *halb* so gut ist, als das eines andern. Die Ausdrücke elektromotorische Kraft und Leitungswiderstand werden hiernach hinreichend bestimmt sein.

Es fragt sich nun, auf welche Weise die elektromotorische Kraft und der Leitungswiderstand der in der Kette vorhandenen Theile zusammenwirken, die Stärke der Strömung zu bestimmen. *Ohm* hat in dieser Hinsicht auf theoretischem Wege folgendes Gesetz abgeleitet, was ich durch sehr ausführliche Versuche, die sich in meinen Maßbestimmungen über die galvanische Kette finden, durchgehends bestätigt gefunden habe.

Die Kraft der galvanischen Kette ist direct proportional der gesammten elektromotorischen Kraft, die in der Kette wirksam ist, umgekehrt proportional dem gesammten Leitungswiderstande, der sich in ihr findet; oder, was dasselbe sagt, *sie ist proportional der gesammten elektromotorischen Kraft, dividirt durch den gesammten Leitungswiderstand.*

Die *gesammte elektromotorische Kraft* steht wie bekannt im geraden Verhältnisse der Anzahl der Plattenpaare der Kette und der Intensität, die jedes einzelne Plattenpaar im ungeschlossenen Zustande besitzt, oder sie ist gleich dem Producte aus der Zahl der Plattenpaare in die Intensität jedes einzelnen Paars. Der *gesammte Leitungswiderstand* aber besteht aus der Summe der einzelnen Widerstände, welche die Theile, die der Strom zu durchlaufen hat, dem Strom entgegensetzen. Er läßt sich zusammengesetzt betrachten namentlich aus drei partiellen Widerständen: 1) dem *Widerstande der festen Leiter*, 2) dem *Widerstande der flüssigen Leiter*, 3) einem noch weiterhin näher zu erörternden eigen-

*) Man kann unter Voraussetzung, daß die Elektricität durch ein strömendes Fluidum repräsentirt wird, wohl nicht ohne Fug annehmen, daß die Magnetnadel stets eine gleiche Wirkung von einem Leiter erfahren wird, wenn in gleicher Zeit gleich viel Elektricität durch denselben (in gleicher Entfernung) bei ihr vorübergeht. Diese Quantität wird begreiflich eben so wohl von der Intensität als Schnelligkeit der strömenden Elektricität abhängen.

thümlichen Widerstande, der in der Angränzung der festen an die flüssigen Leiter seinen Sitz, und vielleicht in einer Schwierigkeit des Überganges der Elektricität zwischen beiden seinen Grund hat, und den ich deshalb Widerstand des Überganges nenne.

Der Leitungswiderstand der Theile hängt bekanntlich nicht allein von ihrer Materie, sondern auch von ihren Dimensionen ab; denn schon durch frühere Versuche ist bekannt, daß z. B. ein Draht von der doppelten Länge einen doppelt so großen Leitungswiderstand äußert (oder wie man es gewöhnlich ausdrückt, ein halb so großes Leitungsvermögen besitzt) als ein Draht von der einfachen Länge.

Wenn wir nun sagen, der gesammte Leitungswiderstand der Kette bestehe aus der Summe der Widerstände der einzelnen Theile, so sind diese Widerstände nicht allein, in so fern sie von der Materie des Körpers abhängen, in Betracht zu ziehen, sondern auch in so fern sie von den Dimensionen abhängen, so daß z. B. wenn die Flüssigkeit, womit die Kette geschlossen ist, bei gleichen Dimensionen 1000 Mal schlechter leiten würde als der Schließungsdraht, doch der Theil, den sie zum Gesammtwiderstand hergiebt, nicht größer als der sein kann, den der Schließungsdraht hergiebt, wofern die Kürze und Dicke der vom elektr. Strome in der Flüssigkeit zu durchlaufenden Strecke im Verhältniß zur Länge und Dünne des Schließungsdrahtes die Größe dieses von der Materie abhängigen Widerstandes compensirt.

Das ausgesprochene Gesetz kann allseitig nur durch seinen Verfolg in das Detail der Erscheinungen bewährt werden, was von mir in meinen Maßbestimmungen der galvanischen Kette geschehen ist; hier genüge es, zur Erläuterung desselben einige allgemeine Folgerungen daraus in Betracht zu ziehen und auf deren Übereinstimmung mit der Erfahrung hinzuweisen:

a) Wird der Leitungswiderstand irgend eines Theiles der Kette vermehrt oder vermindert, so nimmt die Kraft der Kette nur nach dem Verhältnisse ab oder zu, in welchem dieser Theil des Leitungswiderstandes zum ganzen Leitungswiderstande beiträgt. Wenn daher z. B. die Länge und mithin der Leitungswiderstand des Schließungsdrahtes verdoppelt wird, so kommt deshalb nicht die ganze Kraft der Kette auf die Hälfte herab, sondern es fragt sich nun, welchen Theil zum Gesammtleitungswiderstande der Schließungsdraht hergiebt.

Gesetzt, wir hätten eine Kette, in der wir die elektromotorische Kraft $=1$, den Widerstand des Schließungsdrahtes ebenfalls $=1$ setzen, und in welcher der übrige Widerstand (der Flüssigkeit und des Überganges) gleich dem 9fachen von dem des Schließungsdrahtes sei, so wird die Kraft dieser Kette durch $\frac{1}{9+1}$ oder $\frac{1}{10}$ ausgedrückt werden. Verdoppeln wir nun den Widerstand des Schließungsdrahtes, so wird dadurch nicht der ganze Divisor 10 verdoppelt, sondern nur der Theil desselben, welchen der Widerstand des

Schließungsdrahtes darstellt, sonach wird die erst durch $\frac{1}{9+1}$ ausgedrückte Kraft jetzt durch $\frac{1}{9+2}$ oder $\frac{1}{11}$ ausgedrückt werden, und sie hat mithin nur wenig abgenommen. Fände aber das umgekehrte Verhältniß Statt, d. h. betrüge der Widerstand des Schließungsdrahtes das 9fache vom übrigen Widerstande in der Kette, so würde durch Verdoppelung des ersteren die Kraft $\frac{1}{9+1} = \frac{1}{10}$ zu $\frac{1}{18+1} = \frac{1}{19}$ werden, mithin fast auf die Hälfte sinken.

Im Allgemeinen, je mehr ein Theil des Gesammtwiderstandes gegen die übrigen Theile desselben verschwindet, um so mehr verliert Vergrößerung oder Verkleinerung jenes Theiles in einem bestimmten Verhältnisse an Einfluß zur Schwächung oder Verstärkung der Kraft der Kette, je mehr er dagegen zum Gesammtwiderstande beiträgt, um so größer wird dieser Einfluß.

Beispile für diese Umstände sind fast auf jeder Seite meines Werkes zu finden.

b) Wenn man den Leitungswiderstand irgend eines auch noch so kleinen Theiles der Kette immer mehr vermehrt, oder, mit anderen Worten, ihn immer schlechter leitend nimmt, so muß dadurch zuletzt eine Gränze erreicht werden, wo die Wirkung der Kette so gut wie null wird, weil durch Vergrößerung des Leitungswiderstandes eines beliebigen Theiles der Kette ins Unbestimmte zugleich der Gesammtleitungswiderstand *) oder Divisor der Kraft ins Unbestimmte zunimmt; wie man denn wirklich findet, daß, wenn man einem auch noch so kleinen metallischen Theile der Kette eine Schicht eines möglichst guten Nichtleiters substituirt, oder einen solchen irgendwo einschiebt, die Wirkung der ganzen Kette unterbrochen wird.

Indeß hat man es in seiner Gewalt, selbst einen sehr starken Widerstand, wie ihn Körper, welche von uns für Nichtleiter gehalten werden, äußern, dadurch zu compensiren, daß man zugleich die gesammte elektromotorische Kraft, welche in der Kette wirksam ist, erhöht, weil so mit dem Divisor zugleich der Dividend der Kraft des Stromes zunimmt, und dies erreicht man dadurch, daß man die Kette aus einer großen Anzahl Plattenpaare, deren elektromotorische Kräfte sich dann zur Summe zusammensetzen, nach dem Principe der Säule bildet. In der That hat Davy mittelst einer Säule aus 2000 Plattenpaaren den elektrischen Kreislauf selbst durch eine Luftschicht hindurch eingeleitet.

Überhaupt wird man, diesem Gesetze zufolge, in allen Fällen, wo es darauf ankommt, den Strom auf schlechtleitende Körper einwirken zu las-

*) Ich erinnere nochmals, daß ich unter Gesammtleitungswiderstand den Widerstand verstehe, den alle Theile der Kette zusammengenommen äußern, d. h. die Summe der Widerstände der einzelnen Theile der Kette.

und Zahl der Plattenpaare bestimmen, und die wir im Folgenden mittheilen werden.

B. Von der elektromotorischen Kraft.

Es hatte bisher noch ganz an directen Beweisen für die geschlossene Kette gefehlt, daß die Summe der elektromotorischen Kräfte z. B. von Zink-Zinn und Zinn-Kupfer gleich sei der elektromotorischen Kraft der äußersten Glieder dieser Plattenpaare, d. h. gleich der elektromotorischen Kraft eines Plattenpaares aus Zink-Kupfer.

Durch die Methode der Oscillationen läßt sich dieser Beweis leicht führen, indem man ganz gleich construirte Ketten von Zink-Zinn, Zinn-Kupfer und Zink-Kupfer in schwach saurem Wasser unmittelbar bei der Schließung hinsichtlich der Stärke ihrer Wirkung prüft. Da unter diesen Umständen der Leitungswiderstand dieser Ketten gleich ist, und die im Verlaufe der Schließung an den Plattenpaaren eintretenden Veränderungen, welche die elektromotorische Kraft mindern, noch nicht Zeit gehabt haben, sich bemerklich zu machen, so ist dies Verfahren völlig geeignet, das in Rede stehende Gesetz zu prüfen.

In der That habe ich dasselbe durch so angestellte Versuche, die man in meinen Maßbestimmungen (S. 60 ff.) angeführt findet, bewährt gefunden. Es ergab sich u. a. bei einer Beobachtungsreihe im Mittel von drei Versuchen als elektromotorische Kraft (auf eine unbestimmte Einheit bezogen) für Zink-Kupfer die Zahl 27,83, und als Summe der elektromotorischen Kräfte von Zink-Zinn und Zinn-Kupfer 28,11. Mehrere andere Beobachtungsreihen dienten zu derselben Bestätigung.

Bemerkung verdient jedoch, daß man in Brunnenwasser dies Gesetz im Allgemeinen nicht bestätigt findet; dieses Wasser scheint durch seine Salztheile (vergl. S. 371) sofort beim Eintauchen Veränderungen gewisser Art an den Metallen hervorzubringen, welche hindern, daß das Gesetz sich hier äußere. Fast durchgängig habe ich die elektromotorische Kraft von Zink-Kupfer, unmittelbar nach der Schließung geprüft, bedeutend größer gefunden, als die Summe der elektromotorischen Kräfte von Zinn-Kupfer und Zinn-Zink, ohne daß dieser Umstand etwa von einer, während der Prüfung schon eingetretenen, Wirkungsabnahme der Kette abhängig gemacht werden konnte; denn dies Resultat wurde bei Ketten erhalten, wo eine solche Abnahme während der Zeit der Prüfung noch nicht bemerklich war. Hievon wird unten näher die Rede sein.

Meine Versuche haben mich ferner ganz entschieden gelehrt, daß die elektromotorische Kraft der geschlossenen Ketten in keiner wesentlichen Abhängigkeit von der Beschaffenheit der schließenden Flüssigkeiten steht (Maßbestimmungen S. 75 ff.). Da ich schon S. 361 hievon gesprochen habe, so komme ich nicht nochmals darauf zurück. Die Fälle, wo in verschiedenen Flüssigkeiten verschiedene elektromotorische Kräfte sich äußern, dürften

wohl ebenfalls auf einer sehr schnell eintretenden verändernden Einwirkung der Flüssigkeit auf die metallischen Oberflächen beruhen.

2. Vom Widerstande der Schließungsdrähte und andrer fester Körper. Multiplicator, elektromagnetischer Telegraph.

Allgemeine Sätze über den Widerstand der Schließungsdrähte. Durch meine Versuche über diesen Gegenstand in meinen galvanischen Maßbestimmungen sind folgende, zum Theil schon früher erwiesene oder doch als gültig angenommene, Sätze mittelst des Verfahrens der Oscillationen aufs Neue bestätigt worden:

1) Der Widerstand der Schließungsdrähte nimmt nach dem geraden Verhältniß ihrer Länge zu, d. h. wenn l die einfache Länge eines Schließungsdrahtes ist, so ist die Kraft K der Kette, wenn sie mit der nfachen Länge desselben Drahtes geschlossen ist:

$$K = \frac{A}{c + nl} \qquad (2)$$

wo A die elektromotorische Kraft der Kette bedeutet, c aber den Widerstand, den die übrigen Theile der Kette außer dem Schließungsdrahte dem Strome entgegensetzen. Alle Veränderungen, welche eine Kette in ihrer Wirksamkeit je nach Veränderung der Länge des Schließungsdrahtes erleidet, lassen sich hienach leicht voraussehen. (Maßbestimmungen Versuche 3. bis 7.)

2) Wenn zwei homogene Schließungsdrähte von verschiedener Länge in solcher Art neben einander in die Kette gebracht sind, daß der Strom sich zwischen beide zu theilen hat, so steht der Verhältnißtheil Elektricität, der durch jeden hindurchgeht, im umgekehrten Verhältnisse ihrer Länge. (Maßbestimmungen Versuch 9.)

3) Hinsichtlich der Gesammtkraft des Stromes wirken zwei solche, die Kette neben einander schließende, Leiter von der Länge m und n einem einzigen Leiter von der Länge $\frac{mn}{m+n}$ gleich (Maßbestimmungen Versuch 8.), woraus u. a. die schon bekannte Thatsache als Folgerung hervorgeht, daß zwei oder drei homogene Drähte gleicher Dicke und Länge, welche neben einander die Kette schließen, einem einzigen homogenen Drahte von derselben Dicke, aber bloß der Hälfte oder dem Dritttheil der Länge, welche jeder Draht hat, gleich wirken.

Gesetze des elektromagnetischen Multiplicators.

Wenn man bedenkt, daß die vermehrte Zahl der Windungen eines Multiplicators den Einfluß hat, die Wirkung desselben auf die Nadel nach dem geraden Verhältnisse der Windungszahl zu vergrößern, wie dies durch Kämtz frühere Versuche erwiesen ist, zugleich aber, daß die mit vermehrter Windungszahl zunehmende Länge des Drahtes, nach Maßgabe als sie den Gesammtwiderstand der Kette vermehrt, von anderer Seite eine Schwä-

ganz dieselbe Ablenkung erfahren oder dieselbe Anzahl der Oscillationen machen.

Die Richtigkeit dieses, aus Ohm's theoretischen Betrachtungen hervorgehenden, Satzes habe ich durch zwei Versuche (Maßbestimmungen S. 27) außer Zweifel gesetzt. Es wäre wünschenswerth, daß die experimentale Bewährung desselben Satzes auch auf die flüssigen Leiter ausgedehnt würde; denn wie aus derselben Theorie hervorgeht, äußern auch die flüssigen Leiter in der Kette, ungeachtet ihres viel größern Leitungswiderstandes, dieselbe Kraft auf die Nadel als die festen Leiter in derselben Kette*), und wenn ein nasser Bindfaden nicht so stark ablenkend wirkt, als ein ihm substituirter Schließungsdraht, so rührt dies daher, daß die Einbringung von jenem die ganze Kette viel mehr schwächt als die Einbringung von diesem, dagegen ein nasser Bindfaden und ein Draht, die gleichzeitig in räumlicher Aufeinanderfolge zur Schließung derselben Kette dienten, wahrscheinlich dieselbe Ablenkung hervorbringen würden. Hierüber jedoch fehlt es, wie gesagt, noch an directen Versuchen, die eben wegen der starken Schwächung der ganzen Kette durch dünne feuchte Leiter eine Schwierigkeit finden.

Ist wirklich die Gesammtkraft jedes Querschnitts der Kette gleich der Gesammtkraft jedes andern Querschnitts, der an einer Stelle der Länge der Kette durch dieselbe gemacht wird, so ergeben sich daraus noch folgende zwei Folgerungen:

1) Wenn eine Veränderung an irgend einem Theile der Kette vorgenommen wird, sei es, daß sie die elektromotorische Kraft oder den Leitungswiderstand derselben betrifft, so beschränkt sich die daraus resultirende Veränderung in der Kraft des Stroms nicht auf die veränderte Stelle, sondern sie betrifft alle Theile der Kette in gleichem Verhältnisse, da nach dem angegebenen Gesetze ein Querschnitt der Kette stets eine eben so große Kraft als der andere äußern muß.

Diesen Folgesatz habe ich durch directe Versuche bewährt (Maßbestimmungen S. 23).

2) Wenn die Summe der strömenden Elektricität oder ihre Gesammtkraft in allen Querschnitten wirklich gleich ist, so muß die Intensität derselben nach Maßgabe abnehmen, als der Querschnitt eine größere Ausdehnung erhält, oder mit andern Worten, die gleiche Quantität Elektricität, die durch jeden Querschnitt strömt, muß

*) In Bezug auf Beweise, daß überhaupt flüssige Leiter ablenkend auf die Nadel wirken können, vergl. Seebeck in Berl. Denkschr. 1820 — 1821. 283. — Muncke in Gehler's Wörterb. III. 501. — Grotthuß in allg. nord. Ann. VI. 146. — Prechtl in Gilb. LXVII. 222.

der Kohle ein Zwischenraum von ungefähr anderthalb Zoll frei von metallischer Leitung übrig blieb. In gewöhnlicher Temperatur wirkte der Strom eines einfachen Plattenpaares bei dieser unterbrochenen Leitung nicht auf die Magnetnadel; wurde aber die in den Ofen hinabgesenkte Kohle bis zum Rothglühen erhitzt, so zeigte die Nadel durch ihre Abweichung an, daß der elektrische Strom circulire, und die Wirkung desselben auf die Nadel nahm allmälig mit Steigerung der Temperatur zu. Hierauf ward das Kohlenstück so weit emporgehaben, daß es der Zugöffnung des Ofens gegenüber zu stehen kam; die Wirkung auf die Magnetnadel wuchs unter diesen Umständen, indem die Kohle rasch verbrannte, in bedeutendem Grade.

Daß nicht sowohl der Grad der Temperatur, sondern der Zustand mehr oder minder rascher Verbrennung es war, welcher die leitende Kraft der Kohle in diesen Versuchen modificirte, lehrt der 4. Versuch, in welchem ein ähnlich wie beim vorigen Versuche zugerichtetes Kohlenstück in eine Glasröhre eingebracht wurde, die man, dicht um die an die Kohle befestigten Kupferdrähte herum, hermetisch verschloß. In dieser Weise vom Zutritte der Luft abgeschlossen und bis zum Rothglühen erhitzt, hemmte die Kohle, bei übrigens geschlossenem Kreise, jede Wirkung des elektrischen Stroms auf die Magnetnadel; nur dann erst, als die Temperatur so hoch gesteigert worden war, daß die Glasröhre rings um die Kohle herum in Schmelzung gerieth, wurde eine schwache Wirkung wahrnehmbar, die indeß bei Weitem nicht einen so hohen Grad erlangte, als die der im Verbrennungszustande befindlichen Kohle.

Bei Gelegenheit dieser Versuche hat Kemp nachgewiesen, daß auch die Kohle im Kreise der galvanischen Batterie die Ablenkung der Nadel, die sich in ihrer Nähe befindet, zu bewirken vermag. Wir begnügen uns dies Resultat, das Niemandem unerwartet scheinen wird, anzuzeigen, indem wir hinsichtlich des Ausführlichen der deshalb angestellten Versuche auf die Originalabhandlung verweisen (Schweigg. LV. 451).

D. Vom Leitungswiderstande der Flüssigkeiten.

Was die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Flüssigkeiten von ihren Dimensionen betrifft, so haben mich meine Versuche darüber zu folgenden Bestimmungen geführt:

1) Der Leitungswiderstand der Flüssigkeit ist dem Abstande der Erregerplatte darin direct proportional.
2) Er steht im umgekehrten Verhältnisse des Querschnitts der Flüssigkeit, wenigstens in den Fällen, wo die erregende Oberfläche mit diesem Querschnitte zugleich zu- oder abnimmt.

Was den ersten Satz anlangt, so findet man hinreichende Belege dafür in meinen Maßbestimmungen Versuch 10. bis 29. Es mag genügen, den Versuch 10. hier mitzutheilen, und zwar gleich die aus den Oscillationen berechneten Stromkräfte anzuführen.

Einfache Kette, Zink-Kupfer, jede Platte von 8,7 par. Decimal-

Plattenpaare bestimmen, und die wir im Folgenden mitthei

3. Von der elektromotorischen Kraft.

...aare bisher noch ganz an directen Beweisen für die geschlossene ...ehlt, daß die Summe der elektromotorischen Kräfte z. B. von ... und Zinn-Kupfer gleich sei der elektromotorischen Kraft der äußer... ...er dieser Plattenpaare, d. h. gleich der elektromotorischen Kraft ... Plattenpaares aus Zink-Kupfer.

Durch die Methode der Oscillationen läßt sich dieser Beweis leicht führen, indem man ganz gleich construirte Ketten von Zink-Zinn, Zinn-Kupfer und Zink-Kupfer in schwach saurem Wasser unmittelbar bei der Schließung hinsichtlich der St... Wirkung prüft. Da unter diesen Umständen der Leitungswiderst... Ketten gleich ist, und die im Verlaufe der Schließung an den ... aren eintretenden Veränderungen, welche die elektromotorische Kraft m...n, noch nicht Zeit gehabt haben, sich bemerklich zu machen, so ist dies ... erfahren völlig geeignet, das in Rede stehende Gesetz zu prüfen.

In der That habe ich dasselbe d... so angestellte Versuche, die man in meinen Maßbestimmungen (S. ... angeführt findet, bewährt gefunden. Es ergab sich u. a. bei einer ... achtungsreihe im Mittel von drei Versuchen als elektromotorische Kraft ... f eine unbestimmte Einheit bezogen) für Zink-Kupfer die Zahl ... nd als Summe der elektromotorischen Kräfte von Zink-Zinn un... pfer 28,11. Mehrere andere Beobachtungsreihen dienten zu derselben Bestätigung.

Bemerkung verdient jedoch, daß man in **Brunnenwasser** dies Gesetz im Allgemeinen nicht bestätigt findet; dieses Wasser scheint durch seine Salztheile (vergl. S. 371) sofort beim Eintauchen Veränderungen gewisser Art an den Metallen hervorzubringen, welche hindern, daß das Gesetz sich hier äußere. Fast durchgängig habe ich die elektromotorische Kraft von Zink-Kupfer, unmittelbar nach der Schließung geprüft, **bedeutend** größer gefunden, als die Summe der elektromotorischen Kräfte von Zinn-Kupfer und Zinn-Zink, ohne daß dieser Umstand etwa von einer, während der Prüfung schon eingetretenen, Wirkungsabnahme der Kette abhängig gemacht werden konnte; denn dies Resultat wurde bei Ketten erhalten, wo eine solche Abnahme während der Zeit der Prüfung noch nicht bemerklich war. Hievon wird unten näher die Rede sein.

Meine Versuche haben mich ferner ganz entschieden gelehrt, daß die elektromotorische Kraft der geschlossenen Ketten in keiner wesentlichen Abhängigkeit von der Beschaffenheit der schließenden Flüssigkeiten steht (Maßbestimmungen S. 75 ff.). Da ich schon S. 361 hievon gesprochen habe, so komme ich nicht nochmals darauf zurück. Die Fälle, wo in verschiedenen Flüssigkeiten verschiedene elektromotorische Kräfte sich äußern, dürften

ohl ebenfalls auf einer sehr schnell eintretenden verändernden Einwirkung er Flüssigkeit auf die metallischen Oberflächen beruhen.

. Vom Widerstande der Schließungsdrähte und andrer fester Körper. Multiplicator, elektromagnetischer Telegraph.

Allgemeine Sätze über den Widerstand der Schließungsdrähte. Durch meine Versuche über diesen Gegenstand in meinen galvaschen Maßbestimmungen sind folgende, zum Theil schon früher erwiesene der doch als gültig angenommene, Sätze mittelst des Verfahrens der Oscillationen aufs Neue bestätigt worden:

1) Der Widerstand der Schließungsdrähte nimmt nach dem geraden Verhältniß ihrer Länge zu, d. h. wenn l die einfache Länge eines Schließungsdrahtes ist, so ist die Kraft K der Kette, wenn sie mit der nfachen Länge desselben Drahtes geschlossen ist:

$$K = \frac{A}{c + nl} \qquad (2)$$

wo A die elektromotorische Kraft der Kette bedeutet, c aber den Widerstand, den die übrigen Theile der Kette außer dem Schließungsdrahte dem Strome entgegensetzen. Alle Veränderungen, welche eine Kette in ihrer Wirksamkeit je nach Veränderung der Länge des Schließungsdrahtes erleidet, lassen sich hienach leicht voraussehen. (Maßbestimmungen Versuche 3. bis 7.)

2) Wenn zwei homogene Schließungsdrähte von verschiedener Länge in solcher Art neben einander in die Kette gebracht sind, daß der Strom sich zwischen beide zu theilen hat, so steht der Verhältnißtheil Elektricität, der durch jeden hindurchgeht, im umgekehrten Verhältnisse ihrer Länge. (Maßbestimmungen Versuch 9.)

3) Hinsichtlich der Gesammtkraft des Stromes wirken zwei solche, die Kette neben einander schließende, Leiter von der Länge m und n einem einzigen Leiter von der Länge $\frac{mn}{m + n}$ gleich (Maßbestimmungen Versuch 8.), woraus u. a. die schon bekannte Thatsache als Folgerung hervorgeht, daß zwei oder drei homogene Drähte gleicher Dicke und Länge, welche neben einander die Kette schließen, einem einzigen homogenen Drahte von derselben Dicke, aber bloß der Hälfte oder dem Dritttheil der Länge, welche jeder Draht hat, gleich wirken.

Gesetze des elektromagnetischen Multiplicators.

Wenn man bedenkt, daß die vermehrte Zahl der Windungen eines Multiplicators den Einfluß hat, die Wirkung desselben auf die Nadel nach em geraden Verhältnisse der Windungszahl zu vergrößern, wie dies durch Kämtz frühere Versuche erwiesen ist, zugleich aber, daß die mit vermehrter Windungszahl zunehmende Länge des Drahtes, nach Maßgabe als sie en Gesammtwiderstand der Kette vermehrt, von anderer Seite eine Schwä-

bin ich bei den Versuchen, die ich in meinen Maßbestimmungen angeführt habe, gewöhnlich verfahren.

Als Beispiel mag Versuch 11. S. 88 der Maßbestimmungen dienen. Die einfache Drahtlänge wird mit 1 l, der einfache Abstand der Platten mit 1 d bezeichnet. Es sind wiederum bloß die Kraftwerthe, wie sie unmittelbar bei jener neuen Schließung mit der abgeänderten Drahtlänge oder dem abgeänderten Abstande beobachtet wurden, verzeichnet.

	1 l	9 l	36 l	72 l	132 l	213 l
1 d	5,92	4,14	2,15	1,41	0,864	0,569
2 d	3,39	2,85	1,84		0,803	0,563

	2 d	4 d	6 d	12 d	17 d	20 d
1 l	3,39	2,15	1,60	0,864	0,607	0,556

Wie man sieht coincidiren folgende Beobachtungen hinsichtlich des Kraftwerthes:

1d, 36 l mit 4d, 1 l

12d, 1 l mit 1d, 132 l

mithin hätte man

3d = 35 l d. i. 1d = 11,9 l

11d = 131 l 1d = 11,9 l

welche Resultate genau zusammenstimmen, den Widerstand von 1 d in dieser Flüssigkeit 11,9mal so groß als von 1 l finden zu lassen. Ein wenig hievon abweichender Werth ergiebt sich auch durch Berechnung der vorigen Versuchsreihe nach der folgenden Methode. Es leuchtet ein, daß, wenn man mit derselben Drahtlänge analoge Versuche in anderen Flüssigkeiten anstellte, man nun auch finden würde, welchem Multiplum von l hier der Werth von 1 d entspräche, womit das Verhältniß ihres Leitungswiderstandes sofort gegeben wäre.

Zweite Methode. Diese Methode ist deshalb vorzüglicher als die vorige, weil bei ihr alle beobachteten Kraftwerthe, die man bei Abänderung der Länge des Schließungsdrahtes und des Abstandes der Metallplatten erhält (nicht bloß die coincidirenden), zur Ziehung eines Mittelwerthes benutzt werden können. Sie beruht darauf, daß man in jeder der Flüssigkeiten, deren Leitungswiderstand man erfahren will, Versuchsreihen, wie die so eben angeführte, anstellt, darauf nach der Formel (2) S. 401 erst den Werth von 1 l als Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen, dann nach der für den Abstand der Platten in der Flüssigkeit geltenden Formel (4) S. 407

r Kohle ein Zwischenraum von ungefähr anderthalb Zoll frei von metal- her Leitung übrig blieb. In gewöhnlicher Temperatur wirkte der Strom es einfachen Plattenpaares bei dieser unterbrochenen Leitung nicht auf Magnetnadel; wurde aber die in den Ofen hinabgesenkte Kohle bis zum hglühen erhitzt, so zeigte die Nadel durch ihre Abweichung an, daß der ktrische Strom circulire, und die Wirkung desselben auf die Nadel nahm mälig mit Steigerung der Temperatur zu. Hierauf ward das Kohlen- ick so weit emporgehoben, daß es der Zugöffnung des Ofens gegenüber stehen kam; die Wirkung auf die Magnetnadel wuchs unter diesen Um- änden, indem die Kohle rasch verbrannte, in bedeutendem Grade.

Daß nicht sowohl der Grad der Temperatur, sondern der Zustand ehr oder minder rascher Verbrennung es war, welcher die leitende Kraft r Kohle in diesen Versuchen modificirte, lehrt der 4. Versuch, in welchem ähnlich wie beim vorigen Versuche zugerichtetes Kohlenstück in eine Glas- hre eingebracht wurde, die man, dicht um die an die Kohle befestigten upferdrähte herum, hermetisch verschloß. In dieser Weise vom Zutritte : Luft abgeschlossen und bis zum Rothglühen erhitzt, hemmte die Kohle, übrigens geschlossenem Kreise, jede Wirkung des elektrischen Stroms f die Magnetnadel; nur dann erst, als die Temperatur so hoch gesteigert rden war, daß die Glasröhre rings um die Kohle herum in Schmelzung rieth, wurde eine schwache Wirkung wahrnehmbar, die indeß bei Weitem ht einen so hohen Grad erlangte, als die der im Verbrennungszustande findlichen Kohle.

Bei Gelegenheit dieser Versuche hat Kemp nachgewiesen, daß auch Kohle im Kreise der galvanischen Batterie die Ablenkung der Nadel, sich in ihrer Nähe befindet, zu bewirken vermag. Wir begnügen uns s Resultat, das Niemandem unerwartet scheinen wird, anzuzeigen, indem r hinsichtlich des Ausführlichen der deshalb angestellten Versuche auf die iginalabhandlung verweisen (Schweigg. LV. 451).

D. Vom Leitungswiderstande der Flüssigkeiten.

Was die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Flüssigkeiten von ren Dimensionen betrifft, so haben mich meine Versuche darüber zu fol- nden Bestimmungen geführt:

1) Der Leitungswiderstand der Flüssigkeit ist dem Abstande der Erreger- platte darin direct proportional.
2) Er steht im umgekehrten Verhältnisse des Querschnitts der Flüssig- keit, wenigstens in den Fällen, wo die erregende Oberfläche mit die- sem Querschnitte zugleich zu- oder abnimmt.

Was den ersten Satz anlangt, so findet man hinreichende Belege für in meinen Maßbestimmungen Versuch 10. bis 29. Es mag genügen, n Versuch 10. hier mitzutheilen, und zwar gleich die aus den Oscilla- nen berechneten Stromkräfte anzuführen.

Einfache Kette, Zink-Kupfer, jede Platte von 8,7 par. Decimal-

Drückt man den Widerstand des Brunnenwassers durch $\frac{1}{0,3147}$ aus, so erhält man die Werthe des Widerstandes für die sämmtlichen Zusätze von Salzsäure sehr nahe wieder, wenn man für jeden Zusatz von $\frac{1}{64}$ U den Divisor um 0,1341 vermehrt. In der That ergiebt die Zusammenstellung der beobachteten mit den berechneten Werthen dann:

	Beobachteter Werth.	Berechneter Werth.
Brunnenwasser ohne Salzsäure	3,18	3,18
„ mit $\frac{1}{64}$ U Salzsäure	2,23	2,23
„ $\frac{1}{16}$ U „	1,23	1,17
„ $\frac{1}{8}$ U „	0,631	0,620
„ $\frac{1}{4}$ U „	0,385	0,406
„ $\frac{1}{2}$ U „	0,223	0,216
„ 1 U „	0,110	0,112

Ungeachtet die Methoden, welche bloß zur unmittelbaren Vergleichung der Wirkungen der Ketten bei Schließung durch verschiedene Flüssigkeiten führen, erörtermaßen zur Ausmittelung des wahren Leitungsvermögens der Flüssigkeiten untauglich sind, so ist ihnen doch ihr Nutzen in anderer Hinsicht nicht abzusprechen, insofern sie eine praktische Andeutung geben können, welche Flüssigkeiten die wirksamsten Ketten liefern. Nur sollte man künftig mehr Acht darauf haben, nicht bloß ihre Wirksamkeit zu Anfange zu vergleichen, sondern auch auszumitteln, in welchen Flüssigkeiten die Wirkungsabnahme am langsamsten von Statten geht; denn ich habe gefunden, daß die Wirkungsabnahme in verschiedenen Flüssigkeiten keineswegs in Verhältniß ihrer anfänglichen Wirkung steht, sondern außer von der Construction der Kette in ihren übrigen Theilen noch sehr wesentlich von der individuellen Beschaffenheit jeder Flüssigkeit abhängt, wie denn z. B. die anfangs so wirksame Zinkvitriollösung in Hinsicht der Dauer der Wirksamkeit unendlich in Nachtheil gegen die, nach meinen Versuchen übrigens die Zinkvitriollösung (bei gleicher Verdünnung) selbst zu Anfange an Wirksamkeit etwas übertreffende, Kupfervitriollösung steht. (Vergl. das Kapitel von der Wirkungsabnahme.) Jedenfalls mögen in Bezug auf jenen Nutzen solcher Versuche hier noch die Resultate der Beobachtungen Pfaff's (Schweigg. LV. 258.) folgen.

Pfaff verfuhr hiebei so, daß er in die Kette eines einfachen Zink-Kupferpaares, welches sich in einem Troge mit Kochsalzauflösung befand, einen Multiplicator und eine Zelle brachte, in welcher die Flüssigkeit, deren Leitungsvermögen gemessen werden sollte, sich zwischen vergoldeten Messingplatten befand, so daß der Strom folgenden Weg zu durchlaufen hatte: Zink, Kochsalzlösung, Kupfer, Multiplicator, Gold, Flüssigkeit, Gold, Zink. Die Zelle mit den Goldflächen war stets zu gleicher Höhe mit der Flüssigkeit angefüllt und ihr Leitungsvermögen wurde nach dem (in der

lgenden Tabelle beigefügten) Grade der Ablenkung der Magnetnadel bestimmt, wenn sie nach mehreren Oscillationen zur Ruhe gekommen war. Die angewandten Salzauflösungen waren vollkommen gesättigt für die mittlere Temperatur, bei welcher experimentirt wurde.

Destillirtes Wasser	½°.
Essigsaures Blei	3—4°.
Salzsaures Blei	5.
Schwefelsaures Kali	5.
Salpeter	5.
Salzsaurer Kalk	5.
Schwefelsaures Natron	5.
Chlorsaures Kali	7.
Schwefelsaures Mangan	8.
Essigsaures Natron	10.
Brechweinstein	10.
Borax	10.
Benzoësaures Kali	10—11°.
Weinsteinsaures Kali	10.
Salzsaures Mangan	10—11°.
Kohlensaures Kali und Natron	11.
Essigsaures Kali	12.
Eisenvitriol	12.
Salpetersaures Blei	12.
Kleesaures Kali	13.
Ammoniakflüssigkeit von 980 spec. Gew.	15.
Weinsteinsäure	15.
Salzsaures Zinnoxydul	20.
(in einem andern Versuche nur	10).
Alaun	20.
Kupfervitriol	20.
Zinkvitriol	22.
Verdünnte Phosphorsäure	23.
Starker Weinessig	25.
Englische Schwefels. mit 4 Theilen Wasser verdünnt	28.
Salpetersaures Quecksilberoxyd	30.
Concentrirte englische Schwefelsäure (1848)	30—32.
Salpetersaures Silber (nicht vollkommen gesättigt)	35.
Salmiak	
Verdünnte Salpetersäure	42.
Salzsaures Eisenoxyd	42.
Salzsaures Platin	45.
Verdünnte Salzsäure (1090)	50.

Pfaff stellte auch einige Versuche auf solche Weise an, daß er beobachtete, bis zu welcher Höhe verschiedene Flüssigkeiten zwischen den Gold-

platten stehen müßten, um eine gleiche Wirkung auf die Magnetnadel zu äußern, wobei er folgende Resultate erhielt:

Zinkvitriol brachte bei einer 40mal geringern Höhe in der Zelle eine eben so starke Wirkung hervor, als essigsaures und salzsaures (?) Blei. — Wasser, welches $\frac{1}{600}$ Salmiak enthielt, zeigte sich eben so wirksam als destillirtes Wasser bei einer 80mal geringern Höhe, und wirkte ungefähr eben so stark als Wasser, welches $\frac{1}{200}$ Kochsalz enthielt. — Salzsäure wirkte eben so kräftig als Zinkvitriol bei einer 8mal geringern Höhe.

Ich könnte auch noch in demselben Bezuge als die hier angeführten Versuche diejenigen, zugleich die Wirkungsabnahme betreffenden, Versuche, welche in meinen Maßbestimmungen S. 214 und 216 tabellarisch vereinigt sind, so wie einige Versuche von Bigeon in den Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 86 anführen; indeß scheint mir, daß es nicht der Mühe lohnt, vereinzelte Beobachtungen anzuführen, da nur von zusammenhängenden Beobachtungsreihen hier eine Frucht zu erwarten steht.

E. Vom Widerstande des Überganges.

Schon Ritter und später de la Rive und Marianini machten darauf aufmerksam, daß, wenn die Leitungsflüssigkeit einer Kette durch homogene Zwischenplatten oder Zwischenbogen unterbrochen wird, eine Schwächung des Stromes hieraus hervorgeht, die auf eine Schwierigkeit des Überganges der Elektricität zwischen festen und flüssigen Leitern geschrieben ward. Da jedoch andererseits bekannt ist, daß jede anfangs homogene Zwischenplatte in einer wirksamen Kette allmälig selbst gleichsam ein wirksames Plattenpaar wird, indem sie durch Annahme der sogenannten Ladung sich in eine positive und eine negative Seite theilt, welche den Erregern der ursprünglichen Kette gerade entgegengesetzt angeordnet sind, so ließ sich als möglich denken, daß die von jenen Beobachtern wahrgenommene Schwächung der Kette von dieser im Laufe der Schließung eingetretenen elektromotorischen Entgegensetzung abhing, da ihre Versuche sämmtlich nicht in der Art angestellt oder beschrieben waren, daß man hätte sicher sein können, sie beziehen sich wirklich auf die allererste Periode der Kette, ja der in der That erst im Fortgange der Schließung eintretende Umstand, den sie sämmtlich aussagen, daß die Schwächung stärker bei Kupfer- als bei Zink-Zwischenplatten erschienen sei, beweist sogar, daß sie wirklich bloß mit spätern Wirkungsperioden der Kette zu thun hatten.

Ich stellte deshalb von Neuem Versuche der Art an, daß ich einfache Ketten ohne Zwischenbogen mit solchen, in welche Zwischenbogen, bei übrigens völlig gleichen Umständen, eingeschoben waren, für den ersten Augenblick nach der Schließung verglich (Maßbestimmungen Versuche 79. bis 83.) und es gab sich in der That auch hier unzweideutig eine Schwächung zu erkennen, die besonders stark in Brunnenwasser, minder stark in saurem Wasser, gleich für Zink- und für Kupferzwischenbogen war, und

die nicht von einer Änderung der elektromotorischen Gesammtkraft abhängig gemacht werden konnte, welche sich vielmehr bei der Kette mit und ohne Zwischenbogen gleich zeigte. Es blieb sonach nichts übrig, als hier wirklich einen Widerstand in der Berührungsgränze der festen und flüssigen Leiter anzunehmen, der, wenn wir die Vorstellung einer in der Kette wirklich strömenden Elektricität beibehalten wollen, von einer Schwierigkeit des Überganges zwischen beiden ungleichartigen Leitern abhängig zu machen scheint; der sich jedoch im Fortschritte der Schließung mit Änderungen der elektromotorischen Gesammtkraft complicirt, herrührend von der auf den Zwischenbogen eintretenden Ladung.

Wenn nun ein solcher Widerstand für eingeschobene Zwischenbogen nachgewiesen war, so konnte für wahrscheinlich gehalten werden, daß er auch in der Berührungsgränze der Flüssigkeit mit den Erregerplatten selbst Statt finde. Daß dem so sei, läßt sich für spätere Wirkungperioden der Kette sehr leicht nachweisen. Denn man findet hier öfters, daß der Widerstand des Schließungsdrahtes so wie der Flüssigkeit fast verschwindet im Gesammtwiderstande, d. h. man kann Drahtlänge und Abstand der Platten in ziemlich großem Verhältnisse vervielfachen oder verkleinern, ohne daß die Kraft bedeutend ab- oder zunimmt, wozu u. a. in den Versuchsreihen 93. und 94. meiner Maßbestimmungen mehrere Belege aufgesucht werden können. Hier muß also ein dritter Widerstand vorhanden sein, gegen den beide merklich verschwinden.

Jedoch nicht allein für spätere Wirkungsperioden ist dieser Widerstand nachweisbar; er giebt sich auch auf die unzweideutigste Weise für den ersten Anfang der Schließung zu erkennen; da man auch hier stets einen Rest findet, wenn man den Widerstand des Drahtes und der Flüssigkeit vom Gesammtwiderstande abzieht. So wird man, wenn man in der Versuchsreihe S. 410, welche mit einer einfachen Zinkkupferkette von 9 Quadratzoll Oberfläche jeder Platte in Brunnenwasser angestellt ward, den Widerstand der Flüssigkeit und des Drahtes, der bei 1l und 1d*), wie sich nach den gegebenen Formeln berechnen läßt, zusammen 0,09543 betrug (die elektromotorische Kraft = 1 gesetzt), vom Gesammtwiderstande abzieht, einen Rest = 0,0736, und für die höheren Leitungswiderstände von 1d 361 an merklich constant 0,1082 finden **). Andere Belege hierzu kann man in meinen Maßbestimmungen Versuche 10. bis 12., 91. bis 95. aufsuchen.

Diesen Umstand von Irrthümern der Beobachtung abhängig machen zu wollen, ist unmöglich, da er sich constant zu erkennen giebt und einen zu großen Werth hat, um bei der übrigen Übereinstimmung der Resultate,

*) Unter 1l ist Schließung bloß durch den Multiplicatordraht, unter 1d ein Abstand der Metallplatte = 4 Decimallinien verstanden.

**) Wie schon S. 407 erwähnt, springt der Übergangswiderstand bei höheren Werthen in die Kette gebrachten Leitungswiderstandes häufig auf andere Stufenwerthe über. Hier scheint der höhere Stufenwerth das 1½fache vom niedrigern zu betragen. (Vergl. meine Maßbestimmungen S. 38).

welche das angewandte Maßverfahren gewährt, hierdurch erklärlich zu werden; er kann auch nicht, wo er zu Anfange beobachtet wird, auf Rechnung einer schon Statt gefundenen Wirkungsabnahme während der Zeit der Messung geschrieben werden; da die Ketten, mit welchen die Versuche angestellt wurden, von der Art waren, daß eine solche während dieser Zeit nicht in Betracht kam; endlich behält jener Rest, wenn man ihn aus verschiedenen Beobachtungen derselben Versuchsreihe berechnet, einen zu constanten Werth, — abgesehen von den Sprüngen, welche eintreten, wenn man gewisse Gränzen des Leitungswiderstandes überschreitet —, als daß es sich hier nur um etwas von zufälligen Umständen Abhängiges handeln könnte. Ich halte mich durch diese Umstände für berechtigt, den Widerstand des Überganges wirklich als etwas Thatsächliches festzustellen.

Meine Versuche darüber führen zu folgenden näheren Bestimmungen über denselben:

1) Derselbe steht genau im umgekehrten Verhältnisse der erregenden Oberfläche (Maßbestimmungen Versuch 58. A. bis C.; Versuche 45. und 46).

2) Er nimmt im Verfolge der Wirkungsabnahme der Kette immer mehr zu (Maßbestimmungen Versuch 40., 41., 91. bis 95.).

3) Er nimmt ab mit der Quantität saurer Materie, die man in eine Flüssigkeit hinzufügt (Maßbestimmungen Versuche 10. bis 11.), und kann, wenn er im Verfolge der Wirkungsabnahme zu einem gewissen Grade gediehen ist, durch Hinzufügung neuer Säure zur Leitungsflüssigkeit wieder vermindert werden (Maßbestimmungen Versuch 91.). Wahrscheinlich hängt er überhaupt von dem Verhältniß ab, in welchem die Flüssigkeit chemisch auf die Metalle einzuwirken vermag; doch fehlt es hierüber noch an einer hinreichenden Zahl von Versuchen, um diesen Satz mit Zuverlässigkeit als durchgängig gültig aussprechen zu können.

4) Er ist zu Anfange der Schließung gleich für die positive und negative Platte, wird aber im Fortgange der Wirksamkeit größer für die letztere, als für die erstere.

Dieser Umstand folgt aus nachstehenden Umständen: Für den Anfang der Schließung bewirken nach meinen sorgfältigen Versuchen (Maßbestimmungen Versuche 79., 84.) kupferne Zwischenbogen keine größere Schwächung der Kette als solche von Zink; ferner ist es für den Anfang der Schließung, ebenfalls nach meinen Versuchen (Maßbestimmungen Versuch 60., 61.) gleichgültig, ob man einer großen Kupferplatte eine kleine Zinkplatte entgegensetzt, oder ob man umgekehrt verfährt. Im Fortgange der Schließung aber nimmt, wie schon durch frühere Versuche bekannt war, und von mir durch messende Versuche bestätigt worden ist, die Wirkung der Kette durch Verkleinerung der erregenden Kupferfläche mehr ab, als durch Verkleinerung der erregenden Zinkfläche in gleichen Verhältnissen (Maßbestimmungen Versuch 64.).

5) Der gesammte Übergangswiderstand eines Plattenpaares Zink-Kupfer ist gleich der Summe des Übergangswiderstandes auf Zink und des Übergangswiderstandes auf Kupfer (Maßbestimmungen S. 101).

6) Der Übergangswiderstand ist zu Anfange der Schließung für Plattenpaare aus Zink-Kupfer, Zink-Zinn und Zinn-Kupfer bei übrigens gleichen Umständen merklich gleich, mindestens in sauerm Wasser.

7) Der Übergangswiderstand hat eine besondere Neigung, bei Änderungen im Leitungswiderstande oder in der elektromotorischen Kraft auf andere Stufen überzuspringen, was zwar schon in sauerm Wasser, noch auffallender aber in der Regel in Brunnenwasser, bemerklich wird. Schon S. 407 u. 415 haben wir Beispiele hievon mitgetheilt und in einem besondern Artikel wird noch näher von diesen Sprüngen die Rede sein.

Es verdienen in Bezug auf diesen Übergangswiderstand noch folgende sei interessante Versuche von de la Rive *) eine Anführung.

a) Bringt man, in völlig ähnlichen Röhren, vollkommen reine Schwefelsäure und Salpetersäure nach einander, mittelst Platindrähten von gleicher Länge und Dicke, in den Kreis der Volta'schen Säule, so findet man, daß bei der Schwefelsäure eine schwächere Wirkung Statt findet, und daß sich diese größere Schwächung durch eine Verkürzung des Weges in der Schwefelsäure weder compensiren, noch sonst merklich verändern läßt. Wenn man aber die Platindrähte, vor dem Eintauchen in die Schwefelsäure, mit Salpetersäure benetzt, so ist die Wirkung in beiden Fällen fast gleich, wenigstens so lange, als eine Schicht von Salpetersäure die Platindrähte umgiebt.

b) Wenn man zwei Streifen von Platin, deren einer mit dem positiven, der andere mit dem negativen Pole einer Kette in Verbindung steht, in ein gemeinschaftliches Gefäß mit saurer Flüssigkeit tauchen läßt (die solchergestalt die Schließung zwischen ihnen bewirkt), so entsteht eine Erhöhung der Strömungswirkung, wenn man den negativen Streifen sehr nahe an dem eingetauchten Ende mit einer Weingeistlampe stark erhitzt; dagegen bei Erhitzung des positiven Streifens keine Verstärkung Statt findet. Der Verfasser überzeugte sich, daß die verstärkende Wirkung im ersten Falle nicht von der Erhitzung der gesammten Masse der Flüssigkeit herrührte; denn auch wenn diese Masse so groß war, daß ihre Temperatur beinahe constant blieb, wurde das angegebene Resultat erhalten. Erhitzt man den positiven und negativen Streifen gleichzeitig, so ist das Resultat dasselbe, als wenn bloß der negative Streifen erhitzt würde.

F. Erregende Oberfläche.

Unter erregender Oberfläche wird bekanntlich der Theil der metallischen Erregerplatten verstanden, der mit der Leitungsflüssigkeit in Berührung ist.

*) Pogg. XV. 108. 128.

erregenden Oberfläche, c″ eine bei Abänderung der err
constant bleibende Größe, welche, wie meine Versuche g
Widerstand des Schließungsdrahtes, und, wofern bei B
regenden Oberfläche der Querschnitt der Flüssigkeit cons
den Widerstand der Flüssigkeit repräsentirt *). Diese For
für gleichzeitige Abänderung beider erregenden Oberflächen (
sondern scheint sich auch auf den Fall zu erstrecken, we
beiden (Kupfer oder Zink) abgeändert wird, während d
bleibt; nur tritt in letztem Falle auch der constant bleiben
gangswiderstandes in die Größe c″ hinein. Diese Form
für die Verbindung mehrerer Säulen mit den gleichnami

Versuche, welche zum Beweise der Gültigkeit dieser
werden sollen, müssen unter besonderen, in der Natur b
gegründeten, Vorsichtsmaßregeln angestellt werden, die
vanischen Maßbestimmungen genau mitgetheilt habe, und
tigung unstreitig Ursache gewesen ist, daß frühere Ve
Pohl), so wie einige neue von Bigeon **), keine
übereinstimmende Resultate gegeben haben. Ich selbst ha

* Die Größe der erregenden Oberfläche kann nämlich e
dert werden, daß man einen Trog, in dessen Seitenfugen
paar eingesetzt findet, bis zu verschiedener Höhe mit Flüssigk
Falle nimmt der Querschnitt der Flüssigkeit in demselben
erregende Oberfläche zu, und Uebergangswiderstand und Lei
Flüssigkeit nehmen gleichzeitig, und nach demselben Verhältn
rung der erregenden Oberfläche ab. Hier repräsentirt die
bloß den Widerstand des schließenden festen Leiters (vorausgese
nicht ein Aufsatz, z. B. eine Röhre oder Zelle mit Flüssigke
Dieser Anordnung [illegible] ist der Fall, wo die Größe de
fläche dadurch abgeändert wird, daß man mehr oder weni
[illegible] enthaltende einzelne Plattenpaare zu einer gemeinsamen

abgeänderte und mit aller Sorgfalt angestellte Versuche bestätigt n, als daß an ihrer Richtigkeit ein Zweifel bleiben konnte. Von Versuchen (Maßbestimmungen Versuche 40. bis 50.) will ich bloß zwei mittheilen.

rster Versuch *). Sechs Plattenpaare Zink-Kupfer in 6 verschie- Zellen eines Troges stehend, waren zu einer gemeinschaftlichen erre- Oberfläche verbunden **). Die Größe jeder Platte war 9,31 par. Quadratzoll. Die Flüssigkeit Kochsalzlösung. Die Prüfung der ward in verschiedenen successiven Perioden der Wirkungsabnahme olt, indem jedesmal eine Plattenpaar nach dem andern aus der rausgelassen ward.

...ngs- ...de.	Anzahl der mit einander verbundenen Oberflächen.	Beobachtete Kraft.	Berechnete Kraft.	Werthe von c″ und O, für A = 1.
	6	7,351	7,35	c″ = 0,0446
	1	1,686	1,69	O = 0,5479
	6	5,393	5,39	
	4	3,894	3,89	c″ = 0,0428
	2	2,133	2,12	O = 0,8558
	6	4,960	4,96	
	5	4,284	4,28	c″ = 0,0432
	4	3,542	3,56	
	2	1,762	1,92	O = 0,9503
	1	1,027	1,00	
	6	4,117	4,13	
	5	3,542	3,54	c″ = 0,0429
	4	2,901	2,93	
	3	2,262	2,27	
	2	1,543	1,56	O = 1,1952
	1	0,812	0,808	

e man sieht, bleibt die Größe c″ in allen successiven Wirkungspe- merklich constant, während O immer mehr zunimmt, was auf der e des Übergangswiderstandes beruht.

Maßbestimmungen S. 65.

Durch besondere, in meinen Maßbestimmungen (Versuche 56. und 57.) e, Versuche überzeugte ich mich, daß zwei erregende Oberflächen, jede Größe O, in gesonderten Zellen, die aber zu einer einzigen Oberfläche n sind, einer einfachen erregenden Oberfläche von der Größe 2 O in einer Zelle äquivalent wirken.

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4[illegible]	4.6[illegible] / [illegible]	6.[illegible] / 6.5[illegible]	8.1[illegible] / [illegible]	[illegible] = [illegible]
[illegible]	[illegible] / [illegible]			0 = [illegible]
[illegible]	[illegible] / [illegible]			
[illegible]	[illegible] / [illegible]			

[illegible]

[illegible]

ßbestimmungen (Versuch 69.) bestätigt. Diese Gränze wird um so eher eicht, je größer der Widerstand des Schließungsdrahtes ist.

Man wird über diese Umstände noch nähere Bestimmungen in meinen aßbestimmungen S. 238 ff. finden, die ich, um nicht zu weitläufig zu rden, hier übergehe, um so mehr, da sie größtentheils einfache Folgerun- der gegebenen Formel sind.

Dagegen wollen wir noch Einiges über den Fall anführen, wenn die sitive und negative Fläche nicht gleichzeitig oder nicht in gleichem Ver- tnisse abgeändert werden, worüber meine Versuche zu folgenden Bestim- ungen führen.

1) Für den Anfang der Schließung ist es gleichgültig, ob eine größere positive Fläche gegen eine kleinere negative angewandt wird, oder umgekehrt. (Maßbestimmungen Versuche 60., 61., 73., 96. E. F., 97. i. bis m., 98. f. bis n., 119., 120).

2) Die Wirkung der Kette nimmt schneller ab, wenn eine größere positive gegen eine kleinere negative Fläche angewandt wird, als im umgekehrten Falle. (Maßbestimmungen. Versuche 96. E. F., 119., 120. Tabelle auf S. 215).

Dies Resultat wurde von mir constant im Brunnenwasser sowohl, in saurem Wasser gefunden. Nach einem Versuche Ohm's jedoch chweigg. LX. 51.) verhält sich dies anders in concentrirter Schwe- säure.

Derselbe brachte in concentrirte Schwefelsäure die an das eine Ende Multiplicators gelöthete Kupferplatte von ¼ Quadratzoll Oberfläche, d schloß die Kette mit Zink von ¼ Quadratlinie Oberfläche, welches an andere Ende des Multiplicators angelöthet worden war. Die Abwei- ung der Multiplicatordoppelnadel sank in kurzer Zeit noch unter 4° herab. s hingegen Ohm in dieselbe Säure und auf dieselbe Weise eine Zink- atte von ¼ Quadratzoll Oberfläche brachte und die Kette mit Kupfer von Quadratlinie schloß, zeigte die Nadel nach viel längerer Zeit noch 63° d selbst nach Ablauf von 20 Minuten noch 50° an.

3) Dieser Unterschied ist, wenigstens in saurem Wasser, noch auffallender für Zinn-Kupfer als für Zink-Kupfer. (Maßbestimmungen Versuch 120).

4) Im Fortgange der Schließung wird die Kraft weniger durch Verminderung der positiven, als der negativen Fläche geschwächt (Maßbestimmungen Versuche 64. I. bis IV.), ja man kann, zumal bei Zinn-Kupfer, leicht auf einen Punct kommen, wo die Kraft sich kaum merklich mehr bei Änderung der positiven Fläche ändert, während sie zur selben Zeit merklich in geradem Verhältnisse der Verkleinerung bloß der negativen Fläche abnimmt. (Maßbestimmungen Versuche 76. und 77.)

5) Eine Kette, in welcher einer Platte Zink von beiden Seiten zwei gleiche Kupferplatten, oder umgekehrt (KZK oder ZKZ) in einem gewissem Abstande gegenüberstehen (wie bei der Wollastonschen Platte), wirkt

ander ebenen Zustandes hat Bigeon*) angestellt, die wir hier anführen wollen, obgleich wir weit entfernt sind, ihnen großes Gewicht beizulegen; a der Verfasser nicht angeführt hat, ob die Metallplatten nicht schon vor- er, ehe ihre Oberfläche modificirt worden war, Wirkungsdifferenzen zeig- n. Solche Versuche erfodern, um beweisend zu sein, sehr große Vorsicht, nd können nicht so schlechthin mit den ersten besten Platten angestellt wer- en. Der Verfasser wandte fünf Platten von Kupfer (unstreitig von glei- her Größe und zugleich mit Zink), an: Nr. 1. blieb eben; Nr. 2. war it nahe an einander stehenden Löchern mit vorspringenden Rändern durch- ohrt; Nr. 3. war durch zwei Systeme sich kreuzender Parallellinien, die uf der Oberfläche eingegraben waren, in Quadrate abgetheilt; Nr. 4. ar durch eine Raspel (râpe) auf der Oberfläche unregelmäßig geritzt; r. 5. war ganz dünn, wie Rauschgold (de laiton**) mince, clinquant).

Folgendes waren die, bei drei Versuchsreihen mit verschiedenen Multi- licatoren und verschiedener Leitungsflüssigkeit, mittelst der Drehwage er- altenen Resultate:

	$\frac{1}{30}$ Wasser mit Schwefelsäure.		$\frac{1}{40}$ Wasser mit Salpetersäure.
	Mult. Nr. 1.	Mult. Nr. 2.	Mult. Nr. 3.
r. 1. Ebene Platte	565°	45°	315°
r. 2. In Quadrate getheilte . .	650	46	335
r. 3. Mit Löchern durchbohrte	670	50	350
r. 4. Abgeraspelte	690	45½	320
r. 5. Rauschgold (clinquant)	450	36	.

Bigeon hat ferner noch untersucht, welchen Einfluß die Neigung der regenden Oberflächen gegen einander hat, und dabei gefunden, daß die irkung mit der Neigung bedeutend abnimmt. Die Versuche wurden (in em weiten Troge?) folgendermaßen angestellt. Eine der beiden Kupfer- chen war mit Wachs überzogen. Das Zink blieb senkrecht auf der Li- , welche die Mittelpuncte der Platten verbunden haben würde, und die pferfläche wurde successiv in Neigungen von 0° (parallel), 45° und 90° nkrecht) dagegen gebracht. Die Leitungsflüssigkeit war säuerliches Wasser, e Platte hatte 6 Linien Breite und ihr Abstand betrug (beim Parallelis- us) 2 Zoll.

Um den Einfluß der Wirkungsabnahme zu beseitigen, wurden abwech- nde Versuche angestellt. Folgendes ist das Resultat:

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 81. oder Baumg. Zeitschr. S. 491.

**) Hiernach scheint die fünfte Platte von Messing gewesen zu sein; vorher er spricht der Verfasser von fünf Kupferplatten.

Über Combination der Plattenpaare nach dem Principe der Säule.

Durch Vermehrung der Plattenpaare einer Kette nach dem Principe Säule tritt ein verstärkendes und schwächendes Element zugleich in die :e; ein verstärkendes, insofern die elektromotorische Kraft im geraden hältnisse der Plattenpaare zunimmt; ein schwächendes, indem das Hin- ringen mehrerer Plattenpaare in die Kette den Widerstand der Flüssig- und des Überganges *) in entsprechendem Grade vervielfältigt. Es d sonach der Zähler (die elektromotorische Kraft) und der Nenner (der ammtwiderstand) der Stromkraft durch Vermehrung der Plattenpaare s zugleich vergrößert, aber der Nenner in kleinerem Verhältnisse, weil ganze elektromotorische Kraft in geradem Verhältnisse der Plattenpaare chst, vom Gesammtwiderstande aber nur der Theil desselben, welcher den attenpaaren selbst angehört, während der Widerstand des schließenden ters ungeändert bleibt. Hierauf beruht die Verstärkung der Kraft durch rmehrung der Plattenpaare, die begreiflich hiernach verhältnißmäßig um mehr betragen muß, je mehr der Widerstand des schließenden Leiters in rhältniß zum Widerstande des Plattenpaares oder der Plattenpaare be- igt, null dagegen seyn muß, wenn dieser Widerstand gegen den Wider- nd der Plattenpaare verschwindet. Diese Betrachtung führt überhaupt folgenden, durch die Erfahrung bestätigten, Gesetzen:

1) Im Allgemeinen nimmt die Wirkung der Säule in einem gerin- n Verhältnisse zu, als die Zahl der Plattenpaare, in einem merklich ichen jedoch dann, wenn der Widerstand der Plattenpaare, und so lange gegen den Widerstand des schließenden Leiters verschwindet. Belege für teren und letzteren Fall zugleich enthalten die Versuchsreihen 65 und 72 iner Maßbestimmungen.

2) Die Wirksamkeit der Kette nimmt gar nicht durch Vermehrung der attenpaare zu, wenn der Widerstand des schließenden Leiters gegen den iderstand des Plattenpaares oder der Plattenpaare verschwindet, oder nn der Widerstand des schließenden Leiters in demselben Verhältnisse chst, als die Zahl der Plattenpaare. Hierher gehörige Fälle bieten u. a. ersuch 70 bis und 118 dar.

3) Wenn auch anfänglich Vermehrung der Plattenpaare eine Verstär- ng der Stromkraft hervorbringt, so wird doch bei fortgesetzter Vermeh- ng diese Verstärkung verhältnißmäßig immer geringer werden, und man rd sich immer mehr einer Gränze nähern, ja sie wirklich merklich errei- en können, von wo an weitere Vermehrung der Plattenpaare nichts Merk- hes mehr zur Stromkraft hinzufügt. Das Maximum, das sich solcher- stalt durch fortgesetzte Vermehrung der Plattenpaare erreichen läßt, wird

*) Die Summe beider können wir unter dem Namen Widerstand des lattenpaares oder der Plattenpaare dem Widerstande des schließen- n Leiters entgegensetzen.

um so später erreicht werden, je größer der Widerstand des schließenden [illegible]s in Verhältniß zum Widerstande der Plattenpaare ist (Versuch 65 [illegible] 05, Versuch 71, 72).

[illegible]hrung der Plattenpaare trägt überhaupt verhältnißmäßig um so [illegible] Verstärkung der Kraft der Kette bei,

[illegible] größer der Widerstand des schließenden Leiters ist (Versuch 65,

[illegible] geringer der Widerstand der Plattenpaare ist, mithin auch u. a., [illegible]sser die Leitungsflüssigkeit ist, welcher Unterschied jedoch um so mehr v[illegible]schwindet, je größer der Widerstand des schließenden Leiters ist (Versuch 72 B. C.; Vergleichung von Versuch 97 a. c. mit Versuch 98 b. d.)

c) je früher die [illegible] der Kette ist (Versuch 72 bis).

5) Die genaue Fo[illegible]ungszunahme der Kraft galvanischer Ketten bei Verm[illegible]enpaare nach dem Principe der Säule ist:

[illegible] n [illegible] (6)

worin A die elektromotorische Kraft des einzelnen Plattenpaares, n die Zahl der Plattenpaare, P den Widerstand [illegible]s einzelnen Plattenpaares, c''' den Widerstand des schließenden Leiters be[illegible]net. Zum Belege dienen die Versuche 65 bis 72 meiner Maßbestimmungen.

Es mag genügen, hiervon den Versuch 68 anzuführen, der zwar nur bis auf 4 Plattenpaare ausgedehnt (weiter ausgeführte Versuche s. in den Maßbest.), aber zugleich mit Abänderungen des Schließungsdrahts verbunden ist, und hiermit die Nachweisung in sich schließt, daß die Größe c''' wirklich den Widerstand des Schließungsdrahts repräsentirt:

Kette aus 1 bis 4 Plattenpaaren Zink-Kupfer, die in verschiedenen, nach dem Principe der Säule verbundenen, Zellen enthalten sind. Die Flüssigkeit schwefelsaures Wasser. Die Kräfte werden bei jedesmal erneuerter Schließung mit zuvor aufgefrischten Platten bestimmt. Die Länge des Schließungsdrahts wird von der dreifachen Multiplicatorlänge (3 l) bis auf die 51fache (51 l) abgeändert.

Schließung bei 51 l			Schließung mit einem Plattenpaare.		
Zahl der Plattenpaare	Beobachtete Kraft	Berechnete Kraft nach Formel (6) für A = 1, P = 0,0193 c''' = 51 l = 0,28611	Länge d. Schließungsdrahts	Beobachtete Kraft	Berechnete Kraft nach Formel (6) für A = 1, P = [illegible] l = [illegible]
1	3,33	3,27	51 l	3,33	3,27
2	6,11	6,16	29,5 l	5,29	5,42
3	8,77	8,72	7	16,9	17,1
4	10,6	11,0	3	27,7	27,7

Aus den hier gegebenen Gesetzen wird auch leicht der früher für sonderbar gehaltene Umstand erklärlich, warum in thermoelektrischen Ketten ohne eingeschobenen Zwischenleiter die Kraft der Kette mit Vermehrung der Elemente gar nicht zunimmt. Es ist dies nämlich ein Umstand, der ihnen mit hydroelektrischen Ketten vollkommen gemein ist. Gewöhnlich aber hat man hydroelektrische Säulen nicht ohne eingeschobenen Zwischenleiter verglichen, und dies veranlaßte zu dem Glauben, daß jener, zuerst bei thermoelektrischen Ketten beobachtete, Umstand etwas ihnen Eigenthümliches sey.

II. Über Zwischenbogen oder Zwischenplatten in der Kette.

Meine Versuche *) darüber führen zu folgenden Bestimmungen:

1) Wenn die Flüssigkeit einer Kette durch homogene Zwischenbogen oder Zwischenplatten unterbrochen wird, so erleidet die Kraft der Kette eine Schwächung dadurch, die sich selbst dann zu erkennen giebt, wenn die Prüfung der Kraft unmittelbar bei der Schließung vorgenommen wird.

Dieser letztere Umstand erlaubt nicht, die Schwächung der Kette durch Zwischenbogen blos von Veränderungen abhängig zu machen, welche durch den Einfluß der Strömung selbst an den Zwischenbogen hervorgebracht werden, wiewohl solche wirklich im Laufe der Schließung eintreten und dann sich mit jener ursprünglich schwächenden Ursache compliciren.

Belege zu dieser, gleich mit Anfang der Schließung eintretenden, Schwächung einer Kette durch Zwischenbogen findet man in meinen Maßbestimmungen, Versuch 79 bis 83. Unten wird einer dieser Versuche angeführt werden.

2) Diese Schwächung ist für den Anfang der Schließung vollkommen gleich, mögen die homogenen Zwischenbogen oder Zwischenplatten,

*) Dieselben wurden im Allgemeinen so angestellt, daß ich in eine Zelle A eine Kupferplatte K und in eine Zelle B (beide mit mehreren Seitenfugen versehen) eine Zinkplatte z einsetzte, und (wenn die Wirkung kupferner Zwischenbogen verglichen werden sollte) dann in A noch eine Kupferplatte K′ und in B eine andre Kupferplatte K″ (in die Seitenfugen) einsetzte. Dann wurden K′ und K″ durch einen Draht, K und z durch den Multiplicator verbunden. Hier wirkten K′ und K″ zusammen als ein einziger Zwischenbogen. Es erhellt, daß man durch Einschieben andrer Tröge noch mehr solche Zwischenbogen in die Kette bringen kann. Die Wirkung wurde von mir stets unmittelbar bei der Schließung durch die Methode der Oscillationen bestimmt. Sollte eine Kette mit Zwischenbogen mit einer ohne Zwischenbogen verglichen werden, so wurden für letzten Fall die Erregerplatten in eine und dieselbe Zelle gebracht, so daß der Abstand derselben darin so groß war, daß die Elektricität eine eben so große Strecke Flüssigkeit durchlaufen mußte, als im Fall der Zwischenbogen in zwei Zellen. Für dieselbe Gleichheit der zu durchlaufenden Flüssigkeitsstrecken ward auch bei Vergleichung der Wirkung eines oder zweier Zwischenbogen mit der Wirkung mehrerer solcher Bogen stets gesorgt, um den Einfluß eines vermehrten Flüssigkeitswiderstandes zu beseitigen.

durch welche man die Flüssigkeit einer Zink-Kupferkette unterbricht, von Zink oder von Kupfer seyn. (Versuch 79.)

Dieser Umstand konnte nach dem, was man bisher in dieser Hinsicht angenommen hat, unerwartet scheinen; indeß ist anzunehmen, daß alle bisherigen Versuche, nach welchen kupferne Zwischenplatten eine größere Schwächung hervorrufen, als solche von Zink, nicht den ersten Augenblick der Kette nach der Schließung betrafen, sondern eine spätere Wirkungsperiode, wo allerdings kupferne Zwischenplatten in viel höherm Grade schwächend wirken können, als zinkene. Unstreitig hängt der Umstand, daß zu Anfange der Schließung sich beiderlei Art Zwischenplatten gleich verhalten, mit dem früher S. 421 erwähnten Umstande zusammen, daß es für den Anfang der Schließung auch gleichgültig ist, ob man eine größere erregende Oberfläche von Zink oder von Kupfer anwendet; der Umstand aber, daß im Fortgange der Schließung die schwächende Wirkung der Kupferplatten das Übergewicht erlangt, steht unstreitig mit dem folgenden Satz in Beziehung.

3) Die Wirkungsabnahme ist bei Zwischenbogen von Kupfer schneller, als bei Zwischenbogen von Zink, so daß in gleicher Zeit von der Schließung an eine Kette mit kupfernen Zwischenbogen schwächer wirkt, als eine mit zinkenen. (Maßbest. Vers. 79 b. c.)

4) Durch Einbringung von Zwischenbogen wird die elektromotorische Kraft der Kette nicht geändert, so daß die Schwächung, welche dadurch hervorgebracht wird, einer Zunahme des Widerstandes beigemessen werden muß. Dies ergiebt sich durch Berechnung der Versuche 79 und 82 meiner Maßbestimmungen.

5) In Brunnenwasser ist die anfängliche Schwächung durch Zwischenbogen viel stärker, als in saurem Wasser (vgl. Vers. 79 bis 81 mit 82 bis 83 Maßbest.). In sehr stark saurem Wasser habe ich sogar durch Einbringung mehrerer Zwischenbogen keine merkliche Schwächung der Kraft der Kette zu Anfange der Schließung wahrnehmen können, was unstreitig damit zusammenhängt, daß der Übergangswiderstand auf den Zwischenplatten (von dem die anfängliche Schwächung der Kette unstreitig abhängt) in stark saurem Wasser sehr gering ist und leicht gegen den Widerstand der übrigen Theile verschwindet.

6) Die Vermehrung des Gesammtwiderstandes durch Einbringung von Zwischenbogen steht in geradem Verhältnisse der Anzahl der Zwischenbogen (Maßbest. Vers. 79 bis 83).

7) Der Widerstand eines Zwischenbogens ist in saurer Flüssigkeit zu Anfange der Schließung genau eben so groß, als der Widerstand des Überganges auf dem erregenden Plattenpaare, wenn dies mit dem Zwischenbogen gleiche erregende Oberfläche darbietet; dagegen in Brunnenwasser ist der Widerstand des Zwischenbogens viel größer. (Maßbest. Vers. 79. 80, 82, 83.)

8) Wenn man die eine der Zellen A, B (vgl. S. 427 Anm.), worin

sich die Erregerplatten nebst den Platten des Zwischenbogens befinden, mit Wasser, die andre mit verdünnter Säure füllt, so ist die anfängliche Wirkung gleich für folgende 4 Fälle:

1) Zwischenbogen von Zink, Säure im Troge der err. Zinkplatte.
2) — — Zink, Säure — — — — Kupferplatte.
3) — — Kupfer, Säure — — — — Zinkplatte.
4) — — Kupfer, Säure — — — — Kupferplatte.

Aber die Wirkungsabnahme ist schneller, wenn sich die Säure bei der erregenden Zinkplatte, als wenn sie sich bei der erregenden Kupferplatte befindet. (Maßbest. S. 132.)

Von den Versuchen, durch die ich die vorstehenden Umstände bewährt habe, mag blos folgender hier Platz finden.

Einfache Zink-Kupferkette, welche mit Zwischenbogen von Zink combinirt wird. Die Flüssigkeit Brunnenwasser.

Anzahl der Zwischenbogen.	Entsprechende Kraft.	Berechnete Kraft.
0	6,08	6,11
1	3,48	3,31
2	2,26	2,27
3	1,68	1,73
4	1,45	1,38

Die Berechnung ist hier nach der Voraussetzung geführt, daß der, bei keinem Zwischenbogen durch 0,163 ausgedrückte Gesammtwiderstand durch jede Hinzufügung eines Zwischenbogens um 0,139 zunimmt, während die elektromotorische Kraft = 1 gesetzt wird.

Noch scheinen mir in Bezug auf den vorliegenden Gegenstand die Resultate einiger Versuche Pohl's (Pogg. XVI. 103. 108.) erwähnenswerth.

Die Schwächung der Kraft einer Kette durch eine in die Flüssigkeit eingeschobene Zwischenplatte kann unter Umständen noch größer seyn als durch eine Glasplatte. Pohl führt in diesem Bezug folgenden Versuch an: Er nahm einen kleinen, mit verdünnter Salpetersäure gefüllten, gläsernen Trog, dessen breite Seitenwände Quadrate von beinahe 2,5 Zoll bildeten, und einen Zoll von einander entfernt waren, und in welchem auf der einen Seite eine Zinkplatte, und ihr gegenüber auf der andern Seite ein Kupferblech sich befand. Beide durch den Multiplicator verbunden bewirkten eine Ablenkung von 40°. Er senkte nun in der Mitte zwischen beiden Seitenwänden eine kleine Glastafel, die ein Quadrat von nur 1,5 Zoll Seite bildete, in die Flüssigkeit, und die Nadel ging auf 36° zurück. Nachdem die Glastafel aus dem Troge herausgezogen worden, stellte sich die vorige Ablenkung von 40° sogleich wieder her. An der Stelle der Glastafel wurde darauf ein eben so großes Kupferblech in den Trog getaucht und die Ablenkung der Nadel wurde nun noch geringer als zuvor; sie ging auf 32° zurück.

Ein andrer Versuch von interessanten Ergebnissen ist folgender:

k_0 ———
k_1 ———
k_2 ———
k_3 ———
k_4 ———
k_5 ———
k_6 ———
z ———

Eine Anzahl Kupferplatten k_0, k_1, k_2 u. s. w. und eine Zinkplatte z, etwa 6 Zoll ins Gevierte groß, sind in der beigefügten Ordnung mit feuchten Zwischenpappen aufgeschichtet und paarweise durch Metalldrähte verbunden, so daß k_0 mit z, k_1 mit k_6, k_2 mit k_5, k_3 mit k_4 verbunden ist *).

Ist der Verbindungsdraht von k_0 mit z ein Multiplicator, so wird er eine gewisse Ablenkung erleiden, deren Richtung wir als östlich bezeichnen wollen. Anstatt k_0 und z verbinde man jetzt die homogenen Platten k_1 und k_6 durch den Multiplicator, während man k_0 und z wieder durch irgend einen andern Schließungsdraht verbindet, und zugleich die andern Verbindungsdrähte zwischen k_2 und k_5, k_3 und k_4 wie vorhin am Platze läßt. Die Ablenkung des Multiplicators wird jetzt westlich seyn; geht man solchergestalt mit dem Multiplicator weiter zur Verbindung von k_2 und k_5, von k_3 und k_4 über, so wird die Ablenkung wieder respectiv östlich und westlich werden.

Es scheint uns übrigens keines großen Scharfsinns zu bedürfen, dies Resultat mit den gewöhnlichen Ansichten über die Leitung der Elektricität durch die Flüssigkeiten und Metalle in Einklang zu bringen, ja nur ein andres Resultat danach zu erwarten, und ich kann daher Pohl's Meinung nicht theilen, der einen Gegengrund dagegen in diesem Versuche findet.

I. Über Wirkungsabnahme und Wirkungswiederherstellung galvanischer Ketten **).

Es ist zwar bis jetzt noch nicht gelungen, die Wirkungsabnahme, welche galvanische Ketten im Laufe der Schließung erfahren, allgemein als Function der Zeit ausdrücken zu können; indeß haben mich doch meine Versuche über diesen Gegenstand zu mehrern sehr allgemeinen Bestimmungen geführt, die

*) Um diese Verbindungen mit Leichtigkeit aufheben und wiederherstellen zu können, ist jede Platte an geeigneter Stelle ihres Vorder- oder Seitenrandes mit einem angelötheten Kupfernäpfchen versehen, das mit Quecksilber gefüllt ist, und das eintauchende amalgamirte Ende des Kupferdrahtes aufnimmt und festhält. Die Pappscheiben, etwas kleiner als die Metallscheiben, sind etwa mit 30fach verdünnter Schwefelsäure durchnetzt, und so stark und gleichmäßig als möglich ausgepreßt, damit die hervorstehenden Metallränder völlig trocken bleiben mögen.

**) Maßbest. S. 244 oder Schweigg. J. LXIII. 249.

im Folgenden dargelegt werden sollen. Ich begnüge mich hier, blos die Resultate dieser Versuche, nebst der schlußweise beigefügten tabellarischen Zusammenstellung einiger derselben anzuführen, indem ich hinsichtlich des ganzen Details dieser Versuche und der Beziehung der Resultate auf dieselben auf meine Schrift verweise.

I. Allgemeine Bestimmungen über den Gang der Wirkungsabnahme.

1) Die Kraft jeder Kette ist für den ersten Anfang der Schließung am stärksten, und bleibt entweder erst eine gewisse, längere oder kürzere, Zeit merklich constant, um dann allmälig abzunehmen, oder sie nimmt gleich vom Anfang an merklich ab.

So gewiß es ist, daß in jeder Kette mit gehörig blanken metallischen Oberflächen die Kraft zu Anfange der Schließung die möglichst stärkste ist, und so irrig hiernach die Ansicht erscheinen muß, die elektrische Kraft brauche erst eine gewisse Zeit, sich nach der Schließung im vollständigen Grade zu entwickeln: eben so irrig ist andrerseits die Annahme, daß die Wirkungsabnahme allgemein in den ersten Augenblicken nach der Schließung die größte sey; dagegen vielmehr umgekehrt häufig die ersten Oscillationen der die Kraft messenden Multiplicatornadel nach der Schließung in merklichem Isochronismus vor sich gehen, und die Wirkungsabnahme ganz deutlich erst längere oder kürzere Zeit nach der Schließung sich zu entwickeln anfängt; wenn gleich in andern Fällen, wo die Umstände, welche die Wirkungsabnahme beschleunigen, gehäuft oder einzeln in hohem Grade vorhanden sind, die Wirkungsabnahme auch schon unmittelbar von der Schließung an bemerklich werden kann. Öfters sieht man ganz deutlich, namentlich bei kleinen erregenden Oberflächen, nachdem die allerersten Oscillationen der Nadel in merklichem Isochronismus vor sich gegangen sind, die Schnelligkeit derselben sich ganz sichtbar und gleichsam plötzlich verlangsamen; andere Male kann ein merklich vollkommener Isochronismus der Schwingungen sich 5 bis 15 Minuten und länger noch vom Anfange der Schließung an erhalten, und dann erst allmälig eine Wirkungsabnahme einzutreten beginnen; ich habe sogar Ketten beobachtet, wo binnen einer halben, ja einer ganzen Stunde gar keine merkliche Wirkungsabnahme zu spüren war (vgl. z. B. Tabelle I. Kupfervitriollösung).

2) Wenn die Wirkungsabnahme einmal im Gange ist, so ist sie um so rascher, je näher die Periode derselben dem Anfange der Schließung liegt, so daß die Differenzen der Kraft, welche sie mit sich bringt, für gleiche Zeitunterschiede immer kleiner werden. Solchergestalt trift mit der Zeit ein Zustand ein, wo die Kraft der Kette, vorausgesetzt daß nichts an ihr geändert wird, selbst während Stunden für merklich constant angesehen werden kann; aber keineswegs absolut constant, indem für längere Perioden die Wirkungsabnahme immer noch merkbar wird, und es scheint überhaupt, daß diese Abnahme keine Gränze findet. So ward z. B. bei einem

Versuche, wo eine einfache Kette 5 Tage lang ununterbrochen in Salmiaklösung geschlossen blieb, noch ein merklicher Abfall der Kraftwerthe vom 4ten zum 5ten Tage beobachtet, der jedoch hier nur im Mittel der verschiedenen, am 4ten und 5ten Tage erhaltenen, Werthe bemerkbar ward, da, wenn eine Kette sehr lange geschlossen gewesen ist, dann öfters binnen längerer oder kürzerer Zeit kleine Schwankungen der Kraft zwischen einem Mehr oder Minder eintreten, die jedoch nicht hindern, daß im Mittel die Kraftwerthe immer niedriger werden.

Der Zeitpunkt, wenn ein, für eine gewisse Zeit als constant anzusehender, Zustand der Kette merklich eintritt, ist bei Ketten verschiedener Anordnung sehr verschieden. Bei manchen concentrirt sich die Wirkungsabnahme gewissermaßen auf die erste Zeit nach der Schließung, es findet hier ein schneller Abfall der Kraft Statt, bald aber schreitet die Wirkungsabnahme nur noch sehr langsam vor, so daß ein für merklich constant anzusehender Zustand bald erreicht ist; bei andern schreitet die Wirkungsabnahme vom Anfang an langsam, aber lange in bemerklichem Grade fort, und überhaupt finden in diesem Bezuge die allergrößten Verschiedenheiten je nach der Anordnungsweise der Ketten Statt.

3) Die Wirkungsabnahme steht in gar keiner wesentlichen Abhängigkeit von der absoluten Anfangskraft der Kette, indem Ketten von gleicher anfänglicher Kraft den allerverschiedensten Gang der Wirkungsabnahme zeigen können, wofern die Umstände ihrer Anordnung verschieden sind. Auch können von zwei Umständen, die beide die Kraft der Kette zu erhöhen dienen, doch der eine die Wirkungsabnahme befördern, während der andre sie mindert. Ersteres gilt z. B. von Verkürzung des Schließungsdrahtes, letzteres in der Regel von Verstärkung der Flüssigkeit durch Säure, wie die folgenden Sätze ergeben werden.

4) In zwei Ketten, die sich in allen Stücken, bis auf die Länge des festen oder flüssigen schließenden Leiters gleich sind, erfolgt die Wirkungsabnahme langsamer in derjenigen Kette, welche durch den längern Leiter geschlossen ist (s. Tab. I und II); in gleichem Grade jedoch dann, wenn der Widerstand sowohl des kürzern als längern schließenden Leiters gegen den Widerstand der übrigen Theile der Kette verschwindet.

So war z. B. bei einem kleinen Plattenpaar in Brunnenwasser die Wirkungsabnahme merklich dieselbe, mochte die Kette durch die einfache oder ziemlich die 30fache Multiplicatorlänge geschlossen seyn. Zugleich aber waren hier auch die Anfangskräfte merklich gleich, zum Beweise, daß selbst die 30fache Länge des Schließungsdrahtes keinen in Betracht kommenden Antheil des Gesammtwiderstandes ausmachte.

5) In Ketten, in denen Alles, bis auf die Zahl der (nach dem Principe der Säule combinirten) Plattenpaare, gleich ist, ist die Abnahme schneller in denjenigen Ketten, welche die größere Anzahl Plattenpaare besitzen, mithin bei übrigens gleichen Umständen allgemein schneller in Säulen, als in einfachen Ketten (s. Tab. I.). Dieser Unterschied verschwindet

jedoch in dem Maße, als der Leitungswiderstand des schließenden Leiters gegen den Leitungswiderstand der Plattenpaare verschwindet; daher, wenn die anfänglichen Kräfte zweier Säulen von verschiedener Zahl der (gleich construirten) Plattenpaare merklich gleich sind *), so ist auch die Wirkungsabnahme merklich gleich.

6) Wenn zwei Ketten einander in Allem, bis auf die Größe der erregenden Oberfläche, gleich sind, so ist die Wirkungsabnahme schneller in der Kette mit kleinerer erregender Oberfläche. Dieser Unterschied verschwindet jedoch in dem Maße, als der Widerstand des Schließungsdrahtes gegen den Widerstand des Plattenpaares verschwindet, ist daher bei kurzem Schließungsdrahte, wo die Anfangskräfte nahe im geraden Verhältniß der erregenden Oberfläche stehen, weniger merklich oder unmerklich (s. Tab. I.).

7) Die Wirkung der Kette nimmt schneller ab, wenn eine größere positive gegen eine kleinere negative Fläche angewandt wird, als im umgekehrten Falle (s. Tab. II.).

8) Dieser Unterschied ist, wenigstens in saurem Wasser, noch auffallender für Plattenpaare aus Zinn und Kupfer, als aus Zink und Kupfer.

9) Die Größe der Wirkungsabnahme wird um so mehr vermindert, je mehr man Säure (Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure) zum Brunnenwasser, als Leitungsflüssigkeit angewandt, fügt. In noch stärkerem und wirklich auffallenden Grade verzögert Kupfervitriollösung die Wirkungsabnahme; dagegen wird sie beschleunigt durch Zusatz von Kochsalz- oder Salmiaklösung, und besonders auffallend durch Zusatz von Zinkvitriollösung zum Brunnenwasser. Diese Resultate (welche zum Theil in Tab. I. ihre Belege finden), sind an Ketten von 9,3 6Dec. Quadratzoll erregender Oberfläche gefunden worden: jedoch muß ich erwähnen, daß bei sehr kleinen erregenden Oberflächen (von 1,6 Dec. Quadratzoll) die Wirkungsabnahme durch Zumischung von Säure zum Brunnenwasser manchmal beschleunigt werden kann, so daß sich in Bezug hierauf schwer etwas ganz Allgemeines aussagen läßt. (Die nähern Belege s. in meiner Schrift). Für Kupfervitriollösung, Zinkvitriollösung, Kochsalz- und Salmiaklösung aber ergab sich auch bei den kleinen erregenden Oberflächen das obengenannte Verhältniß sehr auffallend.

10) Ganz gleich construirte Ketten, nur mit verschiedener Leitungsflüssigkeit, können selbst dann einen verschiedenen Gang der Wirkungsabnahme zeigen, wenn ihre anfänglichen Kräfte gleich sind, so daß der Einfluß der Leitungsflüssigkeit auf die Wirkungsabnahme noch von etwas Anderm als ihrem Leitungsvermögen abhängen muß.

So zeigten zwei sonst ganz gleich construirte Ketten, bei deren einer aber die Leitungsflüssigkeit Wasser mit $\frac{1}{10}$ Vol. concentrirter Kupfervitriollösung, bei der andern Wasser mit $\frac{1}{12}$ Vol. gesättigter Kochsalzlösung war,

*) Dies nämlich ist das Zeichen, daß der Widerstand des schließenden Leiters bei ihnen nicht mehr in Betracht kommt.

durch welche man die Flüssigkeit einer Zink-Kupferkette unterbricht, von Zink oder von Kupfer seyn. (Versuch 79.)

Dieser Umstand könnte nach dem, was man bisher in dieser Hinsicht angenommen hat, unerwartet scheinen; indeß ist anzunehmen, daß alle bisherigen Versuche, nach welchen kupferne Zwischenplatten eine größere Schwächung hervorrufen, als solche von Zink, *nicht* den ersten Augenblick der Kette nach der Schließung betrafen, sondern eine spätere Wirkungsperiode, wo allerdings kupferne Zwischenplatten in viel höherm Grade schwächend wirken können, als zinkene. Unstreitig hängt der Umstand, daß zu Anfange der Schließung sich beiderlei Art Zwischenplatten gleich verhalten, mit dem früher S. 421 erwähnten Umstande zusammen, daß es *für den Anfang* der Schließung auch gleichgültig ist, ob man eine größere erregende Oberfläche von Zink oder von Kupfer anwendet; der Umstand aber, daß im Fortgange der Schließung die schwächende Wirkung der Kupferplatten das Übergewicht erlangt, steht unstreitig mit dem folgenden Satz in Beziehung.

3) Die Wirkungsabnahme ist bei Zwischenbogen von Kupfer schneller, als bei Zwischenbogen von Zink, so daß in gleicher Zeit von der Schließung an eine Kette mit kupfernen Zwischenbogen schwächer wirkt, als eine mit zinkenen. (Maßbest. Vers. 79 b. c.)

4) Durch Einbringung von Zwischenbogen wird die elektromotorische Kraft der Kette nicht geändert, so daß die Schwächung, welche dadurch hervorgebracht wird, einer Zunahme des Widerstandes beigemessen werden muß. Dies ergiebt sich durch Berechnung der Versuche 79 und 82 meiner Maßbestimmungen.

5) In Brunnenwasser ist die anfängliche Schwächung durch Zwischenbogen viel stärker, als in saurem Wasser (vgl. Vers. 79 bis 81 mit 82 bis 83 Maßbest.). In sehr stark saurem Wasser habe ich sogar durch Einbringung mehrerer Zwischenbogen keine merkliche Schwächung der Kraft der Kette zu Anfange der Schließung wahrnehmen können, was unstreitig damit zusammenhängt, daß der Übergangswiderstand auf den Zwischenplatten (von dem die anfängliche Schwächung der Kette unstreitig abhängt) in stark saurem Wasser sehr gering ist und leicht gegen den Widerstand der übrigen Theile verschwindet.

6) Die Vermehrung des Gesammtwiderstandes durch Einbringung von Zwischenbogen steht in geradem Verhältnisse der Anzahl der Zwischenbogen (Maßbest. Vers. 79 bis 83).

7) Der Widerstand eines Zwischenbogens ist in *saurer Flüssigkeit* zu Anfange der Schließung genau eben so groß, als der Widerstand des Überganges auf dem erregenden Plattenpaare, wenn dies mit dem Zwischenbogen gleiche erregende Oberfläche darbietet; dagegen in *Brunnenwasser* ist der Widerstand des Zwischenbogens viel größer. (Maßbest. Vers. 79. 80. 82. 83.)

8) Wenn man die eine der Zellen A, B (vgl. S. 427 Anm.), worin

) die Erregerplatten nebst den Platten des Zwischenbogens befinden, mit asser, die andre mit verdünnter Säure füllt, so ist die anfängliche Wirng gleich für folgende 4 Fälle:

1) Zwischenbogen von Zink, Säure im Troge der err. Zinkplatte.
2) — — Zink, Säure — — — — Kupferplatte.
3) — — Kupfer, Säure — — — — Zinkplatte.
4) — — Kupfer, Säure — — — — Kupferplatte.

Aber die Wirkungsabnahme ist schneller, wenn sich die Säure bei der regenden Zinkplatte, als wenn sie sich bei der erregenden Kupferplatte findet. (Maßbest. S. 132.)

Von den Versuchen, durch die ich die vorstehenden Umstände bewährt de, mag blos folgender hier Platz finden.

Einfache Zink-Kupferkette, welche mit Zwischenbogen von Zink combirt wird. Die Flüssigkeit Brunnenwasser.

zahl der Zwischenbogen.	Entsprechende Kraft.	Berechnete Kraft.
0	6,08	6,11
1	3,48	3,31
2	2,26	2,27
3	1,68	1,73
4	1,45	1,38

Die Berechnung ist hier nach der Voraussetzung geführt, daß der, bei inem Zwischenbogen durch 0,163 ausgedrückte Gesammtwiderstand durch de Hinzufügung eines Zwischenbogens um 0,139 zunimmt, während die ektromotorische Kraft = 1 gesetzt wird.

Noch scheinen mir in Bezug auf den vorliegenden Gegenstand die Reultate einiger Versuche Pohl's (Pogg. XVI. 103, 108.) erwähnenswerth.

Die Schwächung der Kraft einer Kette durch eine in die Flüssigkeit ingeschobene Zwischenplatte kann unter Umständen noch größer seyn als urch eine Glasplatte. Pohl führt in diesem Bezug folgenden Versuch an: Er nahm einen kleinen, mit verdünnter Salpetersäure gefüllten, gläsernen Trog, dessen breite Seitenwände Quadrate von beinahe 2,5 Zoll bildeten, nd einen Zoll von einander entfernt waren, und in welchem auf der einen Seite eine Zinkplatte, und ihr gegenüber auf der andern Seite ein Kupferlech sich befand. Beide durch den Multiplicator verbunden bewirkten eine Ablenkung von 40°. Er senkte nun in der Mitte zwischen beiden Seitenwänden eine kleine Glastafel, die ein Quadrat von nur 1,5 Zoll Seite ildete, in die Flüssigkeit, und die Nadel ging auf 36° zurück. Nachdem ie Glastafel aus dem Troge herausgezogen worden, stellte sich die vorige Ablenkung von 40° sogleich wieder her. An der Stelle der Glastafel wurde darauf ein eben so großes Kupferblech in den Trog getaucht und die Ablenkung der Nadel wurde nun noch geringer als zuvor; sie ging auf 32° urück.

[illegible]

3) Die Wirkungsabnahme steht in gar keiner wesentlichen Abhängigkeit von der absoluten Anfangskraft der Kette, indem Ketten von gleicher anfänglicher Kraft den allerverschiedensten Gang der Wirkungsabnahme zeigen können, sofern die Umstände ihrer Anordnung verschieden sind. Auch können von zwei Umständen, die beide die Kraft der Kette zu erhöhen dienen, doch der eine die Wirkungsabnahme befördern, während der andere sie mindert. Ersteres gilt z. B. von Verkürzung des Schließungsdrahtes, letzteres in der Regel von Verstärkung der Flüssigkeit durch Säure, wie die folgenden Sätze ergeben werden.

4) In zwei Ketten, die sich in allen Stücken, bis auf die Länge des festen oder flüssigen schließenden Leiters gleich sind, erfolgt die Wirkungsabnahme langsamer in derjenigen Kette, welche durch den längern Leiter geschlossen ist (s. Tab. I und II); in gleichem Grade jedoch dann, wenn der Widerstand sowohl des kürzern als längern schließenden Leiters gegen den Widerstand der übrigen Theile der Kette verschwindet.

So war z. B. bei einem kleinen Plattenpaar in Brunnenwasser die Wirkungsabnahme merklich dieselbe, mochte die Kette durch die einfache oder ziemlich die 30fache Multiplicatorlänge geschlossen seyn. Zugleich aber waren hier auch die Anfangskräfte merklich gleich, zum Beweise, daß selbst die 30fache Länge des Schließungsdrahtes keinen in Betracht kommenden Antheil des Gesammtwiderstandes ausmachte.

5) In Ketten, in denen Alles, bis auf die Zahl der (nach dem Principe der Säule combinirten) Plattenpaare, gleich ist, ist die Abnahme schneller in denjenigen Ketten, welche die größere Anzahl Plattenpaare besitzen, mithin bei übrigens gleichen Umständen allgemein schneller in Säulen, als in einfachen Ketten (s. Tab. I). Dieser Unterschied verschwindet

jedoch in dem Maße, als der Leitungswiderstand des schließenden Leiters gegen den Leitungswiderstand der Plattenpaare verschwindet; daher, wenn die anfänglichen Kräfte zweier Säulen von verschiedener Zahl der (gleich construirten) Plattenpaare merklich gleich sind *), so ist auch die Wirkungsabnahme merklich gleich.

6) Wenn zwei Ketten einander in Allem, bis auf die Größe der erregenden Oberfläche, gleich sind, so ist die Wirkungsabnahme schneller in der Kette mit kleinerer erregender Oberfläche. Dieser Unterschied verschwindet jedoch in dem Maße, als der Widerstand des Schließungsdrahtes gegen den Widerstand des Plattenpaares verschwindet, ist daher bei kurzem Schließungsdrahte, wo die Anfangskräfte nahe im geraden Verhältniß der erregenden Oberfläche stehen, weniger merklich oder unmerklich (s. Tab. I.).

7) Die Wirkung der Kette nimmt schneller ab, wenn eine größere positive gegen eine kleinere negative Fläche angewandt wird, als im umgekehrten Falle (s. Tab. II.).

8) Dieser Unterschied ist, wenigstens in saurem Wasser, noch auffallender für Plattenpaare aus Zinn und Kupfer, als aus Zink und Kupfer.

9) Die Größe der Wirkungsabnahme wird um so mehr vermindert, je mehr man Säure (Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure) zum Brunnenwasser, als Leitungsflüssigkeit angewandt, fügt. In noch stärkerem und wirklich auffallenden Grade verzögert Kupfervitriollösung die Wirkungsabnahme; dagegen wird sie beschleunigt durch Zusatz von Kochsalz- oder Salmiaklösung, und besonders auffallend durch Zusatz von Zinkvitriollösung zum Brunnenwasser. Diese Resultate (welche zum Theil in Tab. I. ihre Belege finden), sind an Ketten von 9,8 6Dec. Quadratzoll erregender Oberfläche gefunden worden: jedoch muß ich erwähnen, daß bei sehr kleinen erregenden Oberflächen (von 1,6 Dec. Quadratzoll) die Wirkungsabnahme durch Zumischung von Säure zum Brunnenwasser manchmal beschleunigt werden kann, so daß sich in Bezug hierauf schwer etwas ganz Allgemeines aussagen läßt. (Die nähern Belege s. in meiner Schrift). Für Kupfervitriollösung, Zinkvitriollösung, Kochsalz- und Salmiaklösung aber ergab sich auch bei den kleinen erregenden Oberflächen das obengenannte Verhältniß sehr auffallend.

10) Ganz gleich construirte Ketten, nur mit verschiedener Leitungsflüssigkeit, können selbst dann einen verschiedenen Gang der Wirkungsabnahme zeigen, wenn ihre anfänglichen Kräfte gleich sind, so daß der Einfluß der Leitungsflüssigkeit auf die Wirkungsabnahme noch von etwas Anderm als ihrem Leitungsvermögen abhängen muß.

So zeigten zwei sonst ganz gleich construirte Ketten, bei deren einer aber die Leitungsflüssigkeit Wasser mit $\frac{1}{10}$ Vol. concentrirter Kupfervitriollösung, bei der andern Wasser mit $\frac{1}{11}$ Vol. gesättigter Kochsalzlösung war,

*) Dies nämlich ist das Zeichen, daß der Widerstand des schließenden Leiters bei ihnen nicht mehr in Betracht kommt.

rsuche, wo eine einfache Kette 5 Tage
ung geschlossen blieb, noch ein merkli
n zum 5ten Tage beobachtet, der jedo
iedenen, am 4ten und 5ten Tage erhal
, wenn eine Kette sehr lange geschlossen
längerer oder kürzerer Zeit kleine Schwan
Mehr oder Minder eintreten, die jedoch
die Kraftwerthe immer niedriger werden.

Der Zeitpunkt, wenn ein, für eine
sehender, Zustand der Kette merklich eint
Anordnung sehr verschieden. Bei manchen
abnahme gewissermaßen auf die erste Zeit
hier ein schneller Abfall der Kraft Statt,
abnahme nur noch sehr langsam vor, so
zusehender Zustand bald erreicht ist; bei
nahme vom Anfang an langsam, aber la
und überhaupt finden in diesem Bezuge
je nach der Anordnungsweise der Ketten

3) Die Wirkungsabnahme steht in ga
von der absoluten Anfangskraft der Kette,
fänglicher Kraft den allerverschiedensten
können, wofern die Umstände ihrer Anor
nen von zwei Umständen, die beide die K
doch der eine die Wirkungsabnahme bef
dert. Ersteres gilt z. B. von Verkürzun
in der Regel von Verstärkung der
den Sätze ergeben werden.

4) In zwei Ketten, die sich in
festen oder flüssigen schließenden Lei
abnahme langsamer in derjenigen Ke
geschlossen ist (s. Tab. I und II); u
der Widerstand sowohl des kürzer
den Widerstand der übrigen Th

So war z. B. bei einem
Wirkungsabnahme merklich die
oder ziemlich die 30fache Multi
waren hier auch die Anfangskraf
die 30fache Länge des Schließu
Antheil des Gesammtwiderstandes

5) In Ketten, in denen
cipe der Säule combinirten)
schneller in denjenigen Ketten
sitzen, mithin bei übrigens glei
len, als in einfachen Ketten

Kraft, den Zähler der Stromkraft bildet, während die drei andern; der Widerstand der festen, der Widerstand der flüssigen Theile und der Widerstand des Übergangs, die in ihrer Summe den Gesammtwiderstand ausmachen, den Nenner der Stromkraft darstellen.

Es schien nun höchst wichtig, auszumitteln, ob alle diese Elemente einer Veränderung im Laufe der Wirkungsabnahme unterliegen, oder nur gewisse. Diese Untersuchung *) ist mit ganz besondern Schwierigkeiten verbunden, da sie eine Messung der einzelnen Elemente im Laufe der Wirkungsabnahme selbst, so daß doch der Gang derselben möglichst wenig dadurch gestört werde, nöthig macht. Es würde hier zu weit führen, anzugeben, wie diese Messungen im Allgemeinen vorzunehmen sind, und wie die besondern, sich bei diesem Gegenstande darbietenden, Schwierigkeiten so weit beseitigt wurden, daß man die nachfolgends aufgestellten Sätze, welche die Ergebnisse dieser Versuche sind, als zuverlässige Resultate betrachten darf; ich verweise darüber auf meine Schrift. In Tabelle III findet man die vornehmsten der Resultate zusammengestellt, aus denen die nachfolgenden Sätze abgeleitet sind. A darin bedeutet die elektromotorische Kraft, w den Übergangswiderstand, d den Widerstand der Flüssigkeit, auf die Einheit des Abstandes bezogen. Der constante Widerstand des Schließungsdrahts ist überall = 1 gesetzt. Man findet in der Tabelle die Änderungen dieser Elemente, wie sie sich vom Anfange der Schließung an direct der Beobachtung ergeben haben, wobei bemerkt werden muß, daß nahe gleiche Werthe von A oder d, in Betracht der möglichen Beobachtungsirrthümer, mit Fug als wirklich äquivalent angesehen werden können **).

1) Die einzigen, im Laufe der Wirkungsabnahme wesentlich veränderlichen, Elemente der Kette sind die elektromotorische Kraft und der Übergangswiderstand. Der Widerstand der Flüssigkeit ändert sich selbst in längerer Zeit im Allgemeinen auf keine in Betracht kommende Weise.

Bei den Versuchen in der Tabelle III. wird man selbst gar keine merkliche Änderung des Flüssigkeitswiderstandes (die nicht innerhalb der Beobachtungsirrthümer fiele) wahrnehmen können; wozu beitragen mochte, daß die mit saurem Wasser angestellten Versuche 1 und 2 in weiten Trögen vorgenommen wurden. Indeß habe ich allerdings bei einem andern Versuche, wo eine Kette mehrere Tage lang in saurem Wasser geschlossen blieb, einen langsamen, aber merklichen, Zuwachs dieses Widerstandes mit der

*) Sie wird so geführt, daß sowohl zu Anfange der Schließung als im Fortgange derselben der Abstand der Platten in der Flüssigkeit (wobei blos die positive Platte in der Flüssigkeit bewegt werden darf) und Länge des Schließungsdrahts abgeändert und die Kraft jedesmal gemessen wird, wodurch man mittelst der angeführten Formeln zur Kenntniß der verschiedenen Elemente der Kette gelangt.

**) Die Versuche in Tab. I wurden sämmtlich mit der einfachen Kette angestellt. Die erregende Oberfläche jeder Platte betrug bei verschiedenen Versuchen ungefähr 7, bei anderen ungefähr 9 Dec. Quadratzoll. Das Nähere s. in meiner Schrift.

Zeit wahrgenommen, was auch wohl nicht anders seyn kann, da durch Angreifen der Platten Säure aus der Flüssigkeit verschwinden muß.

2) Die elektromotorische Kraft sinkt, der Übergangswiderstand steigt mit fortschreitender Wirkungsabnahme der Kette.

Auf dem Zusammenwirken dieser beiden Umstände beruht sonach die Wirkungsabnahme der Ketten. Indeß muß bemerkt werden, daß der letzte Umstand viel wesentlicher als der erste ist, denn ich habe einzelne ganz unzweideutige Beispiele beobachtet, wo die zu Anfange der Schließung Statt findende elektromotorische Kraft auch noch eine gewisse Zeit nach der Schließung (während welcher Zeit indeß eine sehr merkliche Wirkungsabnahme Statt gefunden hatte) wiedergefunden wurde, und blos der Übergangswiderstand sich gestiegen zeigte, was besonders leicht bei langem Schließungsdrahte der Fall ist. In meiner Schrift sind mehrere Beispiele in diesem Bezug angeführt; auch kann man Versuch 9 in Tabelle III. hierher rechnen, wo noch eine Stunde nach der Schließung die anfängliche elektromotorische Kraft wiedergefunden ward, ungeachtet während dieser Zeit die Gesammtkraft der Kette auf $\frac{1}{4}$ ihres ursprünglichen Werthes herabgekommen war. Inzwischen wurde bei diesem Versuche der Übergangswiderstand nicht direct bestimmt.

3) Die elektromotorische Kraft sinkt nicht continuirlich, sondern sprungweise. Der erste Sprung tritt gewöhnlich schon innerhalb der ersten 15 Minuten ein, und dann kann die Kette oft sehr lange Zeit denselben Grad der elektromotorischen Kraft beibehalten; öfters aber springt sie im fernern Verlaufe des Geschlossenseyns noch auf tiefere Werthe über.

So war bei Versuch 1 in Tab. III. die anfängliche elektromotorische Kraft 175 nach 45 Minuten auf 109 gesunken, und derselbe Werth wird auch noch in der Periode 3 Stunden 40 Minuten gefunden. Eben so zeigte sich bei Versuch 2 der anfängliche Werth 183 nach 24 Minuten = 108, und nach $3\frac{1}{2}$ Stunden = 105, welche Werthe, in Betracht der möglichen Beobachtungsirrthümer, für äquivalent gelten können. Auch die übrigen, in der Tabelle enthaltenen, Versuche bieten hinreichende Beispiele dar für das Gleichbleiben der elektromotorischen Kraft auf längere Zeit, während welcher indeß die Wirkungsabnahme immer fortschreitet, und zwar sowohl in Brunnenwasser, als in saurem Wasser. Indeß in noch auffallenderem Grade beweisen dies mehrere, nicht in der Tabelle enthaltene, Versuche, die man in meiner Schrift angeführt findet. So wurde bei einem Versuch in Brunnenwasser von 15 Minuten bis 20 Stunden nach der Schließung, bei verschiedentlich angestellten Zwischenbeobachtungen, merklich derselbe Werth der elektromotorischen Kraft gefunden, und analoge Resultate noch bei mehreren andern erhalten.

Allein nicht immer bleibt die elektromotorische Kraft auf der ersten Stufe stehen, auf die sie gefallen ist, öfters springt sie noch tiefer. So ist bei Versuch 3 der Anfangswerth 83,3 nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden auf 41,5

welche die negative Platte in stärkerm Grade
gleich ein Sinken der elektromotorischen
derstandes (was im folgenden Ab-
welches letztern Wesen übrigens selbst
r Art aber diese Veränderungen seyen,
ugsweise betreffen, wie sie durch den
rufen werden, nach welchem Gesetze sie
en so viele Räthsel, deren Lösung wir erst
üssen.

Umstände, von welchen die Wirkungsabnahme
e wesentlichen Ursachen von den unwesentlichen zu
an nicht in Abrede gestellt werden, daß Veränderun-
enheit des flüssigen Leiters, bedingt durch seine chemische
die Erregerplatten, Verzehren von darin enthaltenem
trocknen der Tuchscheiben, im Falle man etwa solche (was
nden Versuchen im Allgemeinen nicht zulässig) zur Constru-
anwendet, möglicherweise selbst eine eigenthümliche Verthei-
ıdtheile unter dem Einflusse der Kette, etwas zur Wirkungs-
gen können; allein alles dies sind außerwesentliche Umstände,
Hauptgrunde der Wirkungsabnahme nichts zu schaffen ha-
e hier mehrere Thatsachen zusammenstellen, welche bei der
rüher besondere Berücksichtigung verdienen.

auch eine Kette in einem Troge mit Flüssigkeit schon eine
Wirkungsabnahme erlitten hat, so wird man doch bei fri-
g eines neuen Plattenpaares unter denselben Umständen in
erten Flüssigkeit in der Regel wieder merklich dieselbe an-
und denselben Gang der Wirkungsabnahme beobachten, als
zum Beweise, daß es nicht eine bleibende Veränderung der
welche die erste Wirkungsabnahme hervorgerufen hat. Auch
nstände des Wogens der Kraft bei abwechselnder Öffnung
der Kette in derselben Flüssigkeit nicht ihre Erklärung durch
ng derselben finden.

Messungen des Leitungswiderstandes der Flüssigkeit im Laufe
bnahme selbst (vgl. Tab. III.) lehren, daß oft selbst während
den ihr Leitungswiderstand merklich unverändert geblieben
nzwischen eine sehr bedeutende Wirkungsabnahme Statt ge-
aß man also auch nicht annehmen kann, durch die Schließung
Leitungswiderstand der Flüssigkeit vergrößert.

ann in einem Troge, worin die Platten in einem weiten
inander stehen, die Flüssigkeit in der Mitte zwischen beiden,
der positiven Platte, bei constantem Wirkungszustande der
en, ohne daß eine Schwankung oder Wiederherstellung der
e ist, wofern nur dabei ein Anwogen an die Kupferplatte
d, zum Beweise, daß eine eigenthümliche Vertheilung der

Für saures Wasser geben meine Versuche diesen Umstand wenigstens nicht durchgängig zu erkennen. Denn wiewohl einige in meiner Schrift angeführte Versuche sich ebenfalls der Annahme sehr wohl fügen würden, daß der Anfangswerth von A ein Multiplum oder Submultiplum der späteren Stufenwerthe ist, so ist doch ein solches Verhältniß weder in den Versuchen 1 und 2 der Tabelle III, noch in mehreren andern Versuchen meiner Schrift zu bemerken.

Erklärung der Bezeichnungen in nachstehenden Tabellen.

In Tabelle I, Columne 2, bedeutet 1 O die einfache *), 4 O die 4fache erregende Oberfläche; 4 Pl aber bedeutet 4 zu einer Säule combinirte Plattenpaare, deren jedes eine mit 1 O übereinstimmende erregende Oberfläche hat, so daß also in 4 O und 4 Pl eine gleiche metallische Oberfläche, nur anders combinirt, vorhanden ist. — 1 l bedeutet Schließung durch die einfache, 51 l Schließung durch die 51fache Multiplicatorlänge. In Columne 3 ist die anfängliche Kraft des Stromes, auf die Einheit reducirt, enthalten, und in der Einschaltung die absolute Kraft der Kette (auf den Magnetismus der Multiplicatornadel als Einheit bezogen). In den Columnen 5 Min., 10 Min. u. s. w. sind dann die Bruchtheile der anfänglichen Kraft enthalten, welche vom Anfange der Schließung an beobachtet wurden. Sämmtliche in Tab. I enthaltenen Versuche sind unter möglichst vergleichbaren Umständen angestellt, so daß sie sämmtlich eine Beziehung auf einander erlauben. Sie wurden in gleichbeschaffenen Zellen, bei 9,96 par. Dec. Lin. Abstand der Platten von einander, angestellt **).

In Tabelle II bedeutet 2 K 1 Z, daß einer Zinkplatte von beiden Seiten eine ihr gleiche Kupferplatte, (mithin die doppelte Kupferfläche gegen die einfache Zinkfläche) gegenüber stand, und 2 Z 1 K bedeutet die umgekehrte Combination ***). Bei 2 K 0,182 Z betrug die mittlere Zinkfläche blos 0,182 von jeder der äußeren Kupferflächen u. s. w. Der Abstand jeder der äußeren Platten von der mittlern war überall 6,64 par. Dec. Lin. Die Versuche der Tabelle II sind nicht nur unter sich, sondern auch (bis auf den Abstand der Metallplatten) mit denen der Tabelle I vergleichbar.

In Tabelle III bedeutet erwähntermaßen A die elektromotorische Kraft, d den Widerstand der Flüssigkeit, w den Widerstand des Überganges, wobei der Widerstand des Schließungsdrahts als 1 zu Grunde gelegt ist. Wo ein Fragezeichen steht, wurde keine Beobachtung angestellt.

*) Bei der einfachen erregenden Oberfläche betrug sowohl die Kupfer- als die Zinkfläche 9,86 Dec. Quadratzoll.

**) In meiner Schrift S. 214 wird man für die Versuche mit Kupfer- und Zinkvitriollösung die eingeschalteten Zahlen, welche zur Bezeichnung der absoluten Anfangskräfte dienen, im Verhältniß von 6 zu 5 größer finden. Dies rührt daher, daß sie dort auf eine entsprechend andere Krafteinheit bezogen sind, dagegen sie hier, um alle Versuche vergleichbar zu machen, wie sie es denn ihrer Anordnung nach wirklich waren, auf dieselbe Einheit mit den übrigen bezogen wurden.

***) Die einfache Fläche betrug auch hier 9,36 Quadratzoll.

Tabelle I.

Zink-Kupfer.

Leitungsflüssigkeit.	Umstände des Leitungswiderstandes.	Periode des Versuches.				
		0 Min.	5 Min.	10 Min.	15 Min.	30 Min.
Brunnenwasser	1 O 1 l	1(9,19)	0,297	0,253	0,226	0,183
von 11° $\frac{1}{4}$ bis	1 O 51 l	1(2,12)	0,736	0,637	0,590	0,505
12° $\frac{1}{4}$ R.	1 O 168,5 l	1(0,755)	0,945	"	0,906	0,826
Brunnenwasser	1 O 1 l	1(12,0)	0,358	0,283	0,242	0,195
mit $\frac{1}{612}$ Vol.	1 O 51 l	1(2,85)	0,722	0,672	0,600	"
Schwefelsäure	4 O 1 l	1(40,3)	0,352	0,302	0,273	0,243
von 1,096 sp. G.	4 Pl 1 l	1(12,6)	0,307	0,265	0,236	0,200
v. 13° bis 13° $\frac{3}{4}$ R.	4 Pl 51 l	1(6,85)	0,467	0,394	0,362	0,324
Brunnenwasser	1 O 1 l	1(35,7)	0,508	0,462	0,439	0,392
mit $\frac{1}{136}$ Vol.	1 O 51 l	1(3,35)	0,722	0,654	0,630	0,609
Schwefels. von	4 O 1 l	1(90,6)	0,481	0,459	0,439	0,376
1,096 sp. G. v.	4 O 51 l	1(3,55)	0,941	0,941	0,941	0,941
10° bis 12° $\frac{3}{4}$ R.	4 Pl 1 l	1(41,6)	0,481	"	0,458	0,428
	4 Pl 51 l	1(10,9)	0,522	0,505	0,503	0,464
Brunnenwasser	1 O 1 l	1(67,7)	0,617	0,517	0,504	"
mit $\frac{1}{170}$ rauchender Schwe-	1 O 51 l	1(3,48)	0,962	0,748	0,710	"
felsäure v. 12° $\frac{3}{4}$	4 O 51 l	1(3,60)	0,966	0,950	0,930	"
bis 13° R.						
Brunnenwasser,	$\frac{1}{561}$	1(10,5)	0,340	0,301	0,280	"
enth. nächst. Ver-	$\frac{1}{280,1}$	1(13,3)	0,430	0,382	0,382	"
hältnisse bei 13° R	$\frac{1}{151}$	1(16,8)	0,517	0,489	0,466	"
gesättigter Kup-	$\frac{1}{33,3}$	1(34,3)	1	1	1	0,900
fervitriollösung	$\frac{1}{16,75}$	1(52,3)	1	1	1	1
1 O 1 l 13° R.						
Brunnenwasser,	$\frac{1}{561}$	1(8,09)	0,231	0,179	0,161	"
enth. nächst. Ver-	$\frac{1}{280,5}$	1(10,3)	0,207	0,177	0,163	"
hältn. bei 12° R.	$\frac{1}{151}$	1(14,1)	0,152	0,130	0,121	"
gesättigter Zinkvi-	$\frac{1}{50,25}$	1(21,7)	0,132	0,116	0,115	"
triollösung 1 O 1 l	$\frac{1}{16,75}$	1(30,8)	0,173	0,158	0,158	"
11° $\frac{1}{2}$ bis 12° R.	$\frac{1}{2}$	1(42,3)	0,264	0,161	0,161	0,126

Tabelle II.

Zink-Kupfer.

Leitungsflüssigkeit.	Umstände des Leitungswiderstandes.	Periode des Versuches.					
		0 Min.	5 Min.	10 Min.	15 Min.	20 Min.	25 Min.
Brunnenwasser	2K 1Z 1 1	1(68,4)	0,471	0,405	"	"	0,392
mit $\frac{1}{136}$ Vol.	2Z 1K 11	1(68,4)	0,452	0,397	"	"	0,379
Schwefelsäure	2K 1Z 511	1(3,59)	0,925	0,813	0,752	"	0,679
von 1,096 sp. G.	2Z 1K 511	1(3,59)	0,674	0,568	0,533	"	0,533
v. 12° $\frac{1}{4}$ bis 13° $\frac{1}{4}$ R							
Brunnenwasser	2K 1Z 1l	1(30,9)	0,343	0,248	0,257	"	0,200
mit $\frac{1}{613}$ Vol.	2Z 1K 1l	1(30,9)	0,226	0,177	"	"	0,147
Schwefelsäure	2K 1Z 51l	1(3,06)	0,947	0,915	0,866	0,824	"
von 1,096 sp. G.	2Z 1K 51l	1(3,06)	0,900	0,882	"	0,725	"
v. 13° $\frac{1}{2}$ bis 14° $\frac{1}{3}$ R	2K 0,182Z 1l	1(13,1)	0,573	0,439	"	"	0,296
	2Z 0,182K 1l	1(13,1)	0,151	0,122	"	0,058	0,0853
	2K 0,182Z 51l	1(2,80)	0,907	0,853	"	"	"
	2Z 0,182K 51l	1(2,80)	0,489	0,400	"	"	"

Tabelle III. *)

Periode des Versuches	A	w	d **)	Nummer und Umstände des Versuchs.
Anfang	174	15,1	1,77	Versuch 1. Zink-Kupfer.
45 Min.	109	?	?	Wasser mit $\frac{1}{612}$ Vol. Salpetersäure
3 St. 40 Min.	109	30,06	1,75	von 1,144 sp. Gew. Abstand 16,2d
Anfang	183	1,39	1,52	Versuch 2. Zink-Kupfer.
27 Min.	108	?	?	Wasser mit $\frac{1}{306}$ Vol. Schwefelsäure
$3\frac{1}{2}$ St.	105	10,3	1,51	von 1,094 sp. Gew. Abstand 16,2d
Anfang	83,3	11,3	3,09	Versuch 3. Zink-Kupfer.
1 St. 30 Min.	41,5	?	?	Brunnenwasser. Abstand 12d
2 St.	43,1	61,9	3,06	
$22\frac{1}{2}$ St.	27,4	77,0	2,97	

*) Die Zahlen bei jedem Versuche sind allgemein nur unter sich, aber nur zum Theile mit denen der andern Versuche vergleichbar, was hier, als für den vorliegenden Gegenstand ohne Belang, nicht unterschieden worden ist.

**) Der wirkliche Widerstand des flüssigen Leiters in den Ketten 1) und 2) betrug das 16,2fache, in den übrigen Ketten das 12fache von dem in dieser Columne angegebenen Werthe, der für die bei meinen Versuchen gewählte Einheit des Abstandes gilt.

Tabelle III. (Fortsetzung)

Periode des Versuches	A	w	d	Nummer und Umstände des Versuches.
Anfang	?	?	?	Versuch 4. Zink-Zinn.
1 St.	29,7	?	?	Brunnenwasser. Abstand 12 d.
2 St.	30,2	62,0	2,84	
Anfang	50	15,2	4,22	Versuch 5. Zinn-Kupfer.
2 St.	25,9	96,3	4,24	Brunnenwasser. Abstand 12 d
Anfang	88,5	6,72	3,16	Versuch 6. Zink-Kupfer.
15 Min.	45,7	?	?	Brunnenwasser. Abstand 12 d
1 St. 30 Min.	44,4	47,1	3,11	
6 St.	36,4	65,6	3,15	
20 St.	28,7	71,4	3,37	
Anfang	27,7	6,03	2,86	Versuch 7. Zink-Zinn.
15 Min.	28,3	?	?	Brunnenwasser. Abstand 12 d
1 St.	18,8	?	?	
1 St. 30 Min.	18,8	?	?	
Anfang	59,6	?	?	Versuch 8. Zinn-Kupfer.
1 St. 30 Min.	15,6	60,5	2,79	Brunnenwasser. Abstand 12 d
Anfang	36,7	4,00	0,176	Versuch 9. Zink-Kupfer oder
15 Min.	36,1	?	?	Zinkzinn *)? Wasser mit $\frac{1}{30}$
1 St.	36,2	?	?	Vol. Kochsalzlösung 12 d

K. Von den Sprüngen im Wirkungszustande der Kette bei Abänderung des Leitungswiderstandes **).

Abgesehen von den Sprüngen in der elektromotorischen Kraft der Kette, die im Laufe der Wirkungsabnahme von selbst eintreten, können noch andre Sprünge im Wirkungszustande der Kette durch Abänderungen, die man willkürlich im Leitungszustande derselben vornimmt, hervorgebracht werden. Meine Versuche lehren zwar, daß weder die elektromotorische Kraft, noch der Übergangswiderstand in einer *wesentlichen* Abhängigkeit von dem Leitungswiderstande der festen und flüssigen Theile der Kette, so weit er auf ihren Dimensionen beruht, stehen; allein sie lehren zugleich, daß diese Unabhängigkeit nicht *absolut* ist: denn überschreitet man mit den Änderungen des von Flüssigkeit und Schließungsdraht abhängigen Widerstandes, durch Verlängerung der darin zu durchlaufenden Strecke, gewisse Gränzen,

*) In meinen Maßbestimmungen ist S. 187 angegeben Zink-Zinn, S. 253 aber Zink-Kupfer; eins von beiden ist verdruckt, ich kann aber nicht mehr mit Bestimmtheit angeben, welches.

**) Maßbest. S. 256.

so kann sowohl das eine als das andre obgenannte Element auf einen neuen Werth überspringen, der sich wieder innerhalb gewisser Gränzen des Leitungswiderstandes constant zeigt. Es ist zugleich sehr bemerkenswerth, daß die verschiedenen Werthe, welche solchergestalt die elektromotorische Kraft und der Übergangswiderstand anzunehmen vermögen, stets im Verhältnisse von Multiplis oder Submultiplis zu einander zu stehen scheinen, wozu beifolgende Tabellen als Belege dienen können *).

Wie früher bedeutet in diesen Tabellen 1 l, 28,5 l u. s. w. eine Schließung respectiv mit der einfachen oder 28,5fachen Drahtlänge; 1 d und 8 d u. s. f. Schließung respectiv beim einfachen oder 8fachen Abstande der Metallplatten. Wo die Zeichen † ⊙ △ und □ stehen, wurden sowohl Schließungslänge des Drahts als der Flüssigkeit abgeändert, und es beziehen sich diese Zeichen auf die verschiedenen Versuchsdata, die man in meinen Maßbestimmungen specificirt findet, so wie auch die Nummern der Versuche sich darauf beziehen.

Stufenwerthe der elektromotorischen Kraft.

	Beobachtete Stufenwerthe.	Berechnete Stufenwerthe.	Verhältniß der Werthe.	Nummer und Umstände der Versuche.
1 bis 28,5 l 51 bis 191 l	159 184	156 187	5 : 6	Versuch 35. Salpeters. Wasser. Kupfervitriollösung. Zink Kupfer. Anfang der Kette.
Bei † Bei ⊙ Bei ☽	68,0 81,3 102	67,9 81,5 105	5 : 6 : 7	Versuch 58A. Brunnenwasser. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Bei † Bei ⊙	31,7 39,8	32,5 39,0	5 : 6	Versuch 58B. Brunnenwasser. Zink-Zinn. Anfang. d. Kette.
Bei 3 l Bei 9 und 151	98,5 159	103 154	2 : 3	Versuch 62. Schwefels. Wasser. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Von 1 bis 2 O Von 3 bis 5 O	28,5 39,5	29,1 38,9	3 : 4	Versuch 64 VI. Salzs. Wasser. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Bei △ Bei ⊙ und †	67,6 88,5	66,9 89,2	3 : 4	Versuch 94A. Brunnenwasser. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Bei △ Bei ⊙	27,7 36,2	27,4 36,6	3 : 4	Versuch 94B. Brunnenwasser. Zink-Zinn. Anfang d. Kette.
1 bis 7 l 9 bis 59 l 1 bis 3 l 5 bis 59 l	40,6 60,3 40,8 60,1	40,4 60,4 40,6 60,6	} 2 : 3 } 2 : 3	Versuch 129. Schwefelsaures Wasser. Zink-Kupfer. Constanter Zustand der Kette.
Schließung bei 36,5 l Schließung bei 1 l	58,3 30,9	59,4 29,7	1 : 2	Versuch 130. Brunnenwasser. Zink-Kupfer. Constanter Zustand der Kette.

*) Schon früher ist dieser Umstand erwähnt worden.

Tabelle III. (Fortsetzung)

obe suches	A	w	d	Nummer und Umstände des Versuches
ıng	?	?	?	Versuch 4. Zink-Zinn.
St.	29,7	?	?	Brunnenwasser. Abstand 12 d.
St.	30,2	62,0	2,84	
ıng	50	15,2	4,22	Versuch 5. Zinn-Kupfer.
St.	25,9	96,3	4,24	Brunnenwasser. Abstand 12 d
ıng	88,5	6,72	3,16	Versuch 6. Zink-Kupfer.
Min.	45,7	?	?	Brunnenwasser. Abstand 12 d
) Min.	44,4	47,1	3,11	
St.	36,4	65,6	3,15	
St.	28,7	71,4	3,37	
ıng	27,7	6,03	2,86	Versuch 7. Zink-Zinn.
Min.	28,3	?	?	Brunnenwasser. Abstand 12 d
St.	18,8	?	?	
) Min.	18,8	?	?	
ıng	59,6	?	?	Versuch 8. Zinn-Kupfer.
) Min.	15,6	60,5	2,79	Brunnenwasser. Abstand 12 d
ıng	36,7	4,00	0,176	Versuch 9. Zink-Kupfer oder
Min.	36,1	?	?	Zinkzinn *)? Wasser mit $\frac{1}{10}$
St.	36,2	?	?	Vol. Kochsalzlösung 12 d

on den Sprüngen im Wirkungszustande der Kette bei Abänderung des Leitungswiderstandes **).

gesehen von den Sprüngen in der elektromotorischen Kraft der Kette, Laufe der Wirkungsabnahme von selbst eintreten, können noch andre ge im Wirkungszustande der Kette durch Abänderungen, die man will- im Leitungszustande derselben vornimmt, hervorgebracht werden. Versuche lehren zwar, daß weder die elektromotorische Kraft, noch rgangswiderstand in einer wesentlichen Abhängigkeit von dem swiderstande der festen und flüssigen Theile der Kette, so weit er en Dimensionen beruht, stehen; allein sie lehren zugleich, daß diese ngigkeit nicht absolut ist: denn überschreitet man mit den Änder- des von Flüssigkeit und Schließungsdraht abhängigen Widerstandes, Verlängerung der darin zu durchlaufenden Strecke, gewisse Gränzen,

In meinen Maßbestimmungen ist S. 187 angegeben Zink-Zinn, S. Zink-Kupfer; eins von beiden ist verdruckt, ich kann aber nicht mehr timmtheit angeben, welches.

Maßbest. S. 256.

Diese Sprünge in der elektromotorischen Kraft und dem Übergangswiderstande treten nicht nur im ersten Anfange der Schließung ein, d. h. sie zeigen sich, wenn man dieselben Platten mit jedesmal aufgefrischter Oberfläche bei verschiedenen Graden des Leitungswiderstandes prüft und die Kräfte mißt, wie sie sich unmittelbar bei jeder neuen Schließung zeigen, sondern sie treten auch ein, wenn man in spätern Wirkungsperioden, bei schon merklich constant gewordenem Zustande der Kette, Veränderungen dieses Widerstandes vornimmt, wovon sich in Bezug auf die elektromotorische Kraft zwei Beispiele in vorstehender Tabelle finden.

Die Verhältnisse, die hierbei obwalten, sind, so weit ich sie ausgemittelt habe, folgende:

1) Häufig findet man, daß sich die elektromotorische Kraft und der Übergangswiderstand gleichzeitig ändern, doch ist dies nicht nothwendig; namentlich ändert sich oft der Übergangswiderstand, der überhaupt noch mobiler ist, als die elektromotorische Kraft, ohne gleichzeitige Veränderung der letztern. Das Umgekehrte dagegen scheint selten oder vielleicht gar nicht Statt zu finden.

2) Wo sich die elektromotorische Kraft und der Übergangswiderstand gleichzeitig ändern, steigt oder fällt stets mit ersterer zugleich der letztere, aber im Allgemeinen nicht in demselben, und überhaupt in keinem constanten Verhältnisse. Eine Gesetzmäßigkeit in diesem Bezuge habe ich nicht aufzufinden vermocht.

3) In Wasser, das auch nur wenig Säure enthält, treten zu Anfange der Schließung nicht leicht Sprünge der elektromotorischen Kraft ein, selbst wenn man Abstand der Platten und Länge des Schließungsdrahts in sehr weiten Gränzen abändert.

4) In Brunnenwasser treten häufiger als in saurem Wasser zu Anfange der Schließung Sprünge in der elektromotorischen Kraft bei Änderung der Schließungslänge ein, wiewohl nicht stets. Es ist mir bis jetzt nicht geglückt, auszumitteln, wovon das Erscheinen oder Nichterscheinen dieser Sprünge hier abhängt, so daß zwar das Daseyn derselben mit Bestimmtheit auf messende Weise erkannt werden kann, wenn sie eintreten, ohne daß sich doch ihr Eintritt voraussagen läßt.

5) In spätern Wirkungsperioden, wo schon ein Abfall von der anfänglichen elektromotorischen Kraft Statt gefunden hat, kann man eben so wenig in saurem Wasser als in Brunnenwasser die Schließungslänge bis über gewisse Gränzen abändern, ohne, wie es scheint, unausbleiblich Sprünge der elektromotorischen Kraft erscheinen zu sehen.

6) Der Widerstand des Überganges ist eben sowohl in saurem Wasser als in Brunnenwasser und salzigen Wasser schon zu Anfange der Schließung, und wie es scheint, nicht minder im Fortgange derselben, (worüber ich jedoch wenige Beobachtungen angestellt), mithin unter allen Umständen, geneigt, bei Änderung der Schließungslänge auf andre Stufen überzu-

springen *); es läßt sich aber bis jetzt eben so wenig, als für die elektromotorische Kraft vorausbestimmen, nach welchen Gränzen der Abänderung ein solcher Sprung erfolgen müsse.

7) Änderung in der Größe der erregenden Oberfläche kann ebensowohl als Änderung der Schließungslänge Sprünge in der elektromotorischen Kraft und dem Übergangswiderstande hervorrufen, wovon sich in meiner Schrift mehrere Beispiele finden.

8) Man findet durchgängig oder fast durchgängig, daß die höhern Stufenwerthe der elektromotorischen Kraft und des Übergangswiderstandes den höhern Werthen der Schließungslänge oder der größern erregenden Oberfläche entsprechen, sowohl bei Versuchen im Anfange als im Fortgange der Schließung.

VII. Verschiedene Umstände, welche die Erregung und Wirkungsart der Elektricität in geschlossenen Ketten betreffen **).

Elektricitätsentwickelung unter besondern Umständen.

Gold und Platin in Salpetersäure ***). Nach de la Rive soll eine einfache Kette aus Gold und Platin in reiner Salpetersäure keine Wirkung auf den Multiplicator zeigen. Dies ist nach Marianini irrig. Er fand nämlich, bei Anwendung von Salpetersäure, die von Bizio sorgfältig gereinigt, und von Gold und Platin, die von Bussolin gereinigt worden, daß der Multiplicator einen zwar geringen aber sehr merkbaren Ausschlag (2° bis 3°) gab, der allerdings durch Zufügung von Salzsäure bedeutend verstärkt wurde.

Galvanische Wirkung bei verhinderter Gaserzeugung.

Ritchie ****) führt folgenden Versuch an, nach welchem eine andauernde galvanische Wirkung einer, mit verdünnter Säure geschlossenen, Zink-Kupferkette auch dann Statt findet, wenn die Flüssigkeit dabei so eingeschlossen ist, daß das Gas keinen Raum findet, sich zu entwickeln und

*) Die Ausnahme, welche für die elektromotorische Kraft Statt findet, daß man zu Anfange der Schließung in saurem Wasser keine Sprünge derselben zu erwarten hat, findet keineswegs für den Übergangswiderstand Statt.

**) Dies Kapitel umfaßt zum Theil ziemlich heterogene Gegenstände; indeß, weil meist nur vereinzelte Beobachtungen für jeden einzelnen vorhanden sind, so habe ich nicht eben so viele besondere Kapitel daraus machen wollen.

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 124.

****) Baumg. Zeitschr. VIII. 108.

Luftzutritt verhindert ist. Dieser Versuch verdient Wiederholung, denn man sollte meinen, daß, wenn der in saurem Wasser enthaltene Sauerstoff verzehrt worden, was ziemlich bald der Fall seyn muß, so hätte die galvanische Wirkung aufhören müssen, da die Säure wegen verhinderter Gasentbindung das Metall nicht angreifen konnte.

In einem kupfernen Cylinder (Fig. 66) von etwa 1 Zoll Durchmesser und 2 Zoll Länge, der oben offen, unten mit einer angelötheten kleinern Röhre aus demselben Metalle versehen war, wurde ein kleinerer Zinkcylinder angebracht, an dessen Boden ein kleiner Kupferdraht angelöthet war, der durch den cylindrischen Ansatz des Kupfergefäßes ging. Der Raum zwischen diesem Ansatz und dem Drahte war mit isolirendem Kitt ausgefüllt, um alle leitende Communication zwischen Kupfer und Zink auszuschließen, und der Zinkcylinder selbst war inwendig auf ähnliche Weise ausgekittet, um von keiner Säure angegriffen zu werden. Es wurde der innere Raum größtentheils mit Wasser gefüllt, mit einer Glasröhre ein wenig Schwefelsäure in den Zinkcylinder gebracht, und dann die gänzliche Füllung mit Wasser vollbracht, der Kupfercylinder zugeschraubt und luftdicht verkittet. Durch öfteres Umkehren und Schütteln des Gefäßes wurde nun die völlige Mischung des Wassers mit Schwefelsäure bewerkstelligt, darauf der Kupfer- und Zinkcylinder durch den Multiplicator mit einander in Verbindung gesetzt. Es fand galvanische Wirkung Statt, und diese dauerte einen oder zwei Tage mit derselben Stärke fort, als wenn alles dies in Berührung mit der Luft vor sich gegangen wäre. Die Anführung eines vergleichenden Versuches, ob die Wirkung wirklich eben so stark als bei Luftzutritt war, fehlt übrigens.

Elektrische Schläge beim Zusamenlöthen von Wasserleitungen.

In Schweigg. J. LXI. S. 50 wird ein Fall mitgetheilt, wo beim Zusammenlöthen eiserner Wasserleitungen mit Blei elektrische Schläge von solcher Stärke entstanden, daß die Arbeiter genöthigt waren, ihre Arbeit zu unterbrechen. Wahrscheinlich waren diese Schläge galvanischer Art. Hinsichtlich der nähern Umstände, die jedoch zu einer genügenden Aufklärung des Phänomens nicht hinreichen, verweise ich auf das Original.

Elektricitätsentwickelung bei Verbindung von Schwefel mit Metallen.

Um die Elektricitätsentwickelung nachzuweisen, welche bei Verbindung von Schwefel mit Metallen Statt hat, kann man nicht Schwefel direct anwenden, wegen seines schlechten Leitungsvermögens, wohl aber kann man den Versuch mittelst Schwefelkies auf folgendem Wege nach Becquerel *) anstellen.

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 352.

springen *); es läßt sich aber bis jetzt eben so wenig, als für die elektromotorische Kraft vorausbestimmen, nach welchen Gränzen der Abänderung ein solcher Sprung erfolgen müsse.

7) Änderung in der Größe der erregenden Oberfläche kann ebensowohl als Änderung der Schließungslänge Sprünge in der elektromotorischen Kraft und dem Übergangswiderstande hervorrufen, wovon sich in meiner Schrift mehrere Beispiele finden.

8) Man findet durchgängig oder fast durchgängig, daß die höhern Stufenwerthe der elektromotorischen Kraft und des Übergangswiderstandes den höhern Werthen der Schließungslänge oder der größern erregenden Oberfläche entsprechen, sowohl bei Versuchen im Anfange als im Fortgange der Schließung.

VII. Verschiedene Umstände, welche die Erregung und Wirkungsart der Elektricität in geschlossenen Ketten betreffen **).

Elektricitätsentwickelung unter besondern Umständen.

Gold und Platin in Salpetersäure ***). Nach de la Rive soll eine einfache Kette aus Gold und Platin in reiner Salpetersäure keine Wirkung auf den Multiplicator zeigen. Dies ist nach Marianini irrig. Er fand nämlich, bei Anwendung von Salpetersäure, die von Bizio sorgfältig gereinigt, und von Gold und Platin, die von Bussolin gereinigt worden, daß der Multiplicator einen zwar geringen aber sehr merkbaren Ausschlag (2° bis 3°) gab, der allerdings durch Zufügung von Salzsäure bedeutend verstärkt wurde.

Galvanische Wirkung bei verhinderter Gaserzeugung.

Ritchie ****) führt folgenden Versuch an, nach welchem eine andauernde galvanische Wirkung einer, mit verdünnter Säure geschlossenen, Zink-Kupferkette auch dann Statt findet, wenn die Flüssigkeit dabei so eingeschlossen ist, daß das Gas keinen Raum findet, sich zu entwickeln und

*) Die Ausnahme, welche für die elektromotorische Kraft Statt findet, daß man zu Anfange der Schließung in saurem Wasser keine Sprünge derselben zu erwarten hat, findet keineswegs für den Übergangswiderstand Statt.

**) Dies Kapitel umfaßt zum Theil ziemlich heterogene Gegenstände, indeß, weil meist nur vereinzelte Beobachtungen für jeden einzelnen vorhanden sind, so habe ich nicht eben so viele besondere Kapitel daraus machen wollen.

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 124.

****) Baumg. Zeitschr. VIII. 189.

Die Intensität der elektromagnetischen Wirkung aber sehr verschieden an verschiedenen Stellen; an manchen war sie unbeträchtlich, während an anderen die Nadel sich im Kreise drehte. Caeteris paribus war sie im Allgemeinen größer nach Verhältniß der größern Menge von Kupfererz in den Gängen, und auch wol vielleicht im Verhältniß der Tiefe der Stationen; wo wenig oder kein Erz war, fand auch wenig oder keine Wirkung Statt. Wenn der Abstand der Platten von einander in horizontaler Richtung nur wenig Faden betrug, und zwischen ihnen eine wirkliche, durch nichtleitende Substanz nicht unterbrochene, Menge Kupfererz vorhanden war, so fand keine Wirkung Statt; wenn aber ein Gang von Quarz oder Thon den Raum zwischen den Platten kreuzte, so fand gewöhnlich große Wirkung Statt.

Wenn die Communication zwischen zwei Platten in verschiedenen Tiefen in demselben Gange oder zwischen verschiedenen Gängen, gleich viel ob in demselben oder verschiedenen Niveau's, gemacht wurde, so fand auch die entschiedenste Wirkung Statt.

Die Richtungen der elektrischen Strömung waren für verschiedene Gruben nicht konstant.

Elektricitätserregung durch Berührung der Flüssigkeiten unter einander.

Ohm (Schweigg. LXIII. S. 162) findet es [illegible] sehr zweifelhaft, daß durch Berührung von Flüssigkeiten unter einander Elektricitätsentwickelung Statt finde, und führt zu diesem Behufe folgende Versuche an:

Nachdem die in einem Glasgefäße befindliche starke Säure und die in einem andern nebenstehenden Glasgefäße befindliche starke Kalilösung unter einander durch Asbest oder sonst wie in blos leitende Gemeinschaft gebracht und in jedes Gefäß eine Platinplatte eingetaucht worden ist, wird, noch ehe diese Platinplatten mit den Enden des Multiplicatordrahts in metallische Berührung gekommen sind, der elektrische Zustand dieser Vorrichtung am Elektrometer geprüft und gefunden, daß von der Säure zu der in ihr befindlichen Platinplatte eine starke positive Spannung, von der Kalilösung zu der darin befindlichen Platinplatte eine starke negative Spannung, von der Säure zum Kali keine irgend mit Bestimmtheit sich zu erkennen gebende Spannung wahrzunehmen ist. Nun wird der Multiplicator mit den beiden Platinplatten in Verbindung gebracht, und es entsteht eine starke Ablenkung der Magnetnadel nach derselben Seite, wie es jenen Spannungen gemäß vorauszusehen war. Zugleich aber nimmt man wahr, daß die Einwirkung des Multiplicators auf die Magnetnadel schnell abnimmt und bald so gut wie ganz verschwunden ist, und nun zeigt auch eine wiederholte Anwendung des Elektrometers nirgends eine fühlbare Spannung mehr an, so lange die Kette geschlossen bleibt; öffnet man aber die Kette, so stellen sich die vorigen Spannungen bald wieder ein, und es läßt sich so der beschriebene Kreislauf der Erscheinungen mehrmals aufs Neue wiederholen.

Es ist nicht zu leugnen, daß dieser Versuch gar sehr dafür spricht, daß die Berührung zwischen Säure und Kali keinen oder höchstens einen sehr geringen Antheil an der ganzen Wirkung gehabt haben kann. Andrerseits indeß scheinen mir nachfolgende Versuche Becquerel's*) eine Elektricitätserregung durch wechselseitige Berührung von Flüssigkeiten, unabhängig von Berührung mit Metallen, sehr entschieden zu beweisen; da hier Kettenanordnungen in Anwendung gezogen wurden, bei welchen die Enden des Multiplicators mit gleichartigen Metallen (Platinschalen) in Verbindung standen, diese gleichartigen Metalle auch mit gleichartigen Flüssigkeiten (entweder Salpetersäure oder Phosphorsäure) communicirten, und nun zwischen diesen gleichartigen Flüssigkeiten erst die heterogenen Flüssigkeiten eingeschaltet wurden, deren Wirkung auf einander geprüft werden sollte. Hier konnte der elektrische Effect, welcher wirklich eintrat, nicht von einer Berührung der Metalle mit ungleichartigen Flüssigkeiten abhängen, da ein solcher heterogener Contact nicht Statt fand; er mußte mithin auf Rechnung der Berührung oder auch chemischen Wirkung der Flüssigkeiten auf einander kommen.

Die Anordnung und der Erfolg von Becquerel's Versuchen in diesem Bezuge wird durch folgende Tabelle ausgedrückt. Die Richtung des Pfeils zeigt die Richtung der (positiven) Strömung in den Substanzen an, die auf die untenfolgende Art angeordnet waren.

Das Platin zu beiden Enden wird durch zwei Schaalen vorgestellt, die mit der Flüssigkeit (1) und (4) gefüllt, und einerseits mittelst des Multiplicators, andrerseits durch einen mit Wasser genetzten, 1 Decimeter langen, Baumwollendocht verbunden wurden. Um die Mitte des Dochts nun wurde von jeder der Flüssigkeiten (2) und (3) ein Tropfen (der eine zur einen, der andre zur andern Seite) angebracht, die dann ihre Wirkung auf einander äußerten. Andremale wurde auch statt dieser Anordnung folgende ihr äquivalente gewählt. Die beiden Platinschaalen standen mit zwei Porzellanschaalen in Verbindung, worin sich die gegen einander zu prüfenden Flüssigkeiten befanden. Diese Porzellanschaalen communicirten unter einander mittelst eines Asbestdochts, mit den Platinschaalen aber durch mit Wasser gefüllte Röhren.

→

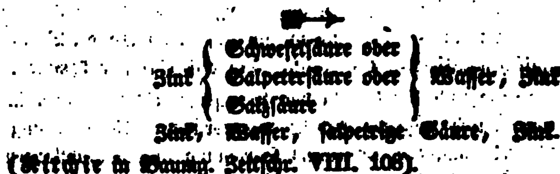
	(1)		(2)	(3)		(4)	
Platin,	Salpeters.,	Wasser,	Salzs.,	Salpeters.,	Wasser,	Salpeters.,	Platin.
—	—	—	Essigs.,	—	—	—	—
—	—	—	salpetrige S.,	—	—	—	—
—	—	—	alkal. Aufl.	—	—	—	—
—	—	—	Aufl. v. salpeters., schwefels. Salzen u. s. w.	—	—	—	—

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 11.

Platin,	Schwefels.,	Wasser,	Salpeters.,	Schwefels.,	Wasser,	Schwefels.,	Platin.
—	Phosphors.	—	—	Phosphors.	—	Phosphors.	—
—	—	—	Salzsäure	—	—	—	—
—	—	—	Schwefels.	—	—	—	—
—	—	—	alkalische u. Salzlösung.	—	—	—	—

Wir wollen hieran die Zusammenstellung mehrerer Ketten anschließen, bei denen zwei gleichartige Metalle mit zwei ungleichartigen Flüssigkeiten combinirt werden. Die Richtung des Pfeils wird wiederum die Richtung der Strömung in den Flüssigkeiten anzeigen.

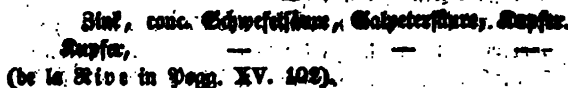
Ketten mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten.


→

Zink { Schwefelsäure oder / Salpetersäure oder / Salzsäure } Wasser, Zink

Zink, Wasser, salpetrige Säure, Zink.

(Ritchie in Baumg. Zeitschr. VIII. 106).


→

Zink, conc. Schwefelsäure, Salpetersäure, Kupfer.
Kupfer, — — —

(de la Rive in Pogg. XV. 102).

→

Kupfer, neutrale salpeters. Kupferlösung, saure salpetersaure Kupferlösung, Kupfer.
Zink, neutrale salpeters. Zinklösung, saure salpeters. Zinklösung, Zink.
Blei, neutrale salpeters. Bleilösung, saure salpeters. Bleilösung, Blei.
Eisen, neutrale salpeters. Eisenlösung, saure salpeters. Eisenlösung, Eisen.
Eisen, neutrale salzs. Eisenlösung, saure salzs. Eisenlösung, Eisen.
Zinn, neutrale schwefels. Zinnlösung, saure schwefels. Zinnlösung, Zinn.
Zink, saure schwefels. Zinklösung, neutrale schwefels. Zinklösung, Zink.
Eisen, saure schwefels. Eisenlösung, neutrale schwefels. Eisenlösung, Eisen.
Gold, Salpetersäure, Salpetersäure mit Salzsäure, Gold.
Gold, Salpetersäure, Salpetersäure mit salzs. Gold, Gold.

(Becquerel in Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 14). *)

*) Diese Versuche Becquerel's wurden so angestellt, daß die beiden, am Multiplicator befestigten, homogenen Metallplatten in zwei, durch Asbest communicirende, Schalen tauchten, welche mit gleichartigen Flüssigkeiten gefüllt waren. In die eine dieser Schaalen wurden dann einige Tropfen Säure hinzugefügt, wenn eine saure Auflösung gegen eine neutrale geprüft werden sollte.

's ist nicht zu leugnen, daß dieser Versuch gar sehr dafür spricht, e Berührung zwischen Säure und Kali keinen oder höchstens einen sehr en Antheil an der ganzen Wirkung gehabt haben kann. Andrerseits indeß n mir nachfolgende Versuche Becquerel's*) eine Elektricitätserregung wechselseitige Berührung von Flüssigkeiten, unabhängig von Berüh- nit Metallen, sehr entschieden zu beweisen; da hier Kettenanordnungen vendung gezogen wurden, bei welchen die Enden des Multiplicators eichartigen Metallen (Platinschalen) in Verbindung standen, diese rtigen Metalle auch mit gleichartigen Flüssigkeiten (entweder Salpe- e oder Phosphorsäure) communicirten, und nun zwischen diesen gleich- Flüssigkeiten erst die heterogenen Flüssigkeiten eingeschaltet wurden, Wirkung auf einander geprüft werden sollte. Hier konnte der elek- Effect, welcher wirklich eintrat, nicht von einer Berührung der Me- iit ungleichartigen Flüssigkeiten abhängen, da ein solcher heterogener t nicht Statt fand; er mußte mithin auf Rechnung der Berührung ıch chemischen Wirkung der Flüssigkeiten auf einander kommen.

ie Anordnung und der Erfolg von Becquerel's Versuchen in die- zuge wird durch folgende Tabelle ausgedrückt. Die Richtung des zeigt die Richtung der (positiven) Strömung in den Substanzen an, die untenfolgende Art angeordnet waren.

as Platin zu beiden Enden wird durch zwei Schaalen vorgestellt, der Flüssigkeit (1) und (4) gefüllt, und einerseits mittelst des Mul- ors, andrerseits durch einen mit Wasser genetzten, 1 Decimeter lan- Baumwollendocht verbunden wurden. Um die Mitte des Dochts nun von jeder der Flüssigkeiten (2) und (3) ein Tropfen (der eine zur der andre zur andern Seite) angebracht, die dann ihre Wirkung ander äußerten. Andremale wurde auch statt dieser Anordnung fol- hr äquivalente gewählt. Die beiden Platinschaalen standen mit zwei anschaalen in Verbindung, worin sich die gegen einander zu prüfen- üssigkeiten befanden. Diese Porzellanschaalen communicirten unter r mittelst eines Asbestdochts, mit den Platinschaalen aber durch mit gefüllte Röhren.

→

(1)		(2)	(3)		(4)	
Salpeters.,	Wasser,	Salzs.,	Salpeters.,	Wasser,	Salpeters.,	Platin.
—	—	Essigs.,	—	—	—	—
—	—	salpetrige S.,	—	—	—	—
—	—	alkal. Aufl.	—	—	—	—
—	—	Aufl. v. salpeters., schwefels. Salzen u. s. w.	—	—	—	—

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 11.

Über den Einfluß der Härte und Beschaffenheit der Oberfläche auf die Positivität und Negativität.

Die nachfolgenden mittelst des Multiplicators gefundenen Resultate rühren von Ritchie *) her. Ihre Zuverlässigkeit möchte nicht sehr groß seyn, da nicht angeführt ist, wodurch sich der Verfasser überzeugt hat, daß die beobachteten Differenzen im elektrischen Zustande wirklich vom Zustande der Oberfläche und nicht vielmehr von Heterogeneität des Metalls, die selbst bei scheinbarer Homogeneität doch oft alleinige Ursache der Wirkung ist, herrührte.

1) Es wurden zwei weiche Stücke Zink, Kupfer, Eisen oder Messing genommen und von jedem Paar ein Stück auf einem glatten Ambos so hart als möglich gehämmert. Jedes solches Paar zeigte, zu einem galvanischen Elemente mittelst des Multiplicators und verdünnter Schwefelsäure verbunden, eine Strömung, zufolge deren sich das härtere Metall positiv verhielt. Ein weiches und ein gehärtetes Stück Stahl gaben unter denselben Umständen ein entgegengesetztes Verhalten, indem das weichere positiv erschien.

2) Von zwei weichen Zinnstücken wurde das eine mit einer dreieckigen Feile so gefurcht, daß es eine doppelt so große Oberfläche bekam, als das andre. Das eben gebliebene verhielt sich in verdünnter Salzsäure positiv.

Elektricitätserregung durch Berührung von Gold mit andern Substanzen.

Becquerel **) hat über das elektromotorische Verhalten verschiedener Substanzen zum Golde an einem sehr empfindlichen condensirenden Bohnenberger'schen Elektroskop, dessen Condensatorplatten vergoldet waren, Versuche auf die gewöhnliche Weise angestellt, so jedoch, daß die Finger, mit denen das zu prüfende Metall angefaßt wurde, zuvor mit dest. Wasser gewaschen waren und das Instrument in einem mit Ätzkalk ausgetrocknetem Glasgehäuse stand. Die Resultate, die er hierbei fand, waren folgende:

Substanzen, deren Elektricitätsentwickelung bei Berührung mit dem Golde nicht stark genug war, um durch das angewandte Elektroskop bemerklich gemacht zu werden, waren folgende: Platin, Kupferoxyd, Eisen auf der höchsten Schweflungsstufe, Eisenoxyd durch Wasserdampf bereitet, oligistisches Eisen. — Braunstein und Graphit, zuvor mit dest. Wasser gewaschen, zeigte sich negativ gegen das Gold, so wie gegen alle vorgenannte Körper.

Ladungsphänomene.

In einer ziemlich langen Abhandlung von Marianini ***) über den Ladungszustand, den die Metalle unter dem Einfluß der Schließung annehmen

*) Phil. transact. 1829. P. II. oder Baumg. VIII. S. 104.
**) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 292.
***) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 33.

men, scheint mir nichts wesentlich Neues vorzukommen außer etwa Folgendes:

1) Man hat geleugnet, daß die Elektricität von Drähten, welche unter dem Einfluß der Kette eine Ladung erlangt haben, vom Condensator nachgewiesen werden könnte. Dies ist jedoch Marianini an einem Silberdraht, der durch eine Säule eine Ladung erfahren haete, geglückt; und im Grunde war dies auch zu erwarten, ohne daß man deßhalb an eine vom Draht zurückgehaltene Elektricität zu denken hätte: der Draht hatte nämlich, wie es wenigstens scheint (denn die Beschreibung ist nicht deutlich) als verbindender Bogen zwischen zwei Gefäßen, in welche die Pole einer Säule tauchten, gedient, so daß er durch die Ladung in zwei einander elektromotorisch entgegengesetzte Hälften getheilt worden war, oder einen einfachen Elektromotor bildete.

2) Wenn man Messing oder Kupfer, die mittelst einer Säule eine so starke Ladung erlitten haben, daß sie sogar positiver als Zink sind, herausnimmt und abwäscht, so werden sie nicht nur negativer als Zink, sondern sogar negativer als bevor sie dem Versuch unterworfen wurden. (Die Flüssigkeit, in welcher die Ladung erfolgte, ist nicht angegeben).

Ohm *) hat die Erfahrung gemacht, daß conc. Schwefelsäure zur Schließung zwischen den aus Platin oder Gold bestehenden Polarstreifen einer Säule angewandt, eine stärkere Ladung an dem positiven Polarstreifen als an dem negativen Polarsteeifen hervorbringt, dagegen bei Ätzkalilauge das Umgekehrte Statt findet. Mindestens gestehe ich, daß mir die von ihm in diesem Bezuge angeführten Versuche sich sehr wohl danach erklären zu lassen scheinen, daß z. B. der in die Säure ragende Theil der Oberfläche des den positiven Pol darstellenden Platins Negativität erlangt gegen den außer der Säure bleibenden Theil; jedoch legt Ohm selbst vielmehr die Erklärung einer zwischen Platin und Säure sich bildenden Gegenspannung unter **).

Die Versuche, welche Ohm in diesen Beziehungen angestellt hat, sind von Interesse, und verdienen nachgelesen zu werden; indeß scheinen sie mir nicht unter einer so einfachen Form dargestellt, als sie vielleicht in Bezug auf

*) Schweigg. J. LX. 33.

**) Eine sich zugleich ausbildende Ungleichheit des Übergangswiderstandes an beiden Polarstreifen dürfte übrigens hier doch wohl auch noch mit zu berücksichtigen seyn; denn, wenn auch nach anderweiten Versuchen Ohm's eine solche für Polardrähte aus Gold oder Platin bei einer Säule aus 100 Paaren nicht in Rechnung kommt, so möchte sie doch bei so wenigen Paaren (2 bis 3), als Ohm zu obigen Versuchen anwandte, von sehr namhaftem Einfluß seyn. Ich habe mindestens bei meinen Versuchen in verdünnten sauren Flüssigkeiten mit der den Ladungszustand bezeichnenden Veränderung der elektromotorischen Kraft (in meiner Schrift A genannt) stets Veränderungen im Übergangszustande beobachtet, die sich ungleich für die differenten Glieder der Kette zeigten. Ich gestehe deshalb, daß mir die in Rede stehenden Versuche Ohm's kein recht reines Resultat zu geben scheinen. — Daß Platin und Gold keine sichtbaren Veränderungen im Laufe des Geschlossenseyns erfuhren, kann wohl bei den Beobachtungen, die Ohm selbst am Kupfer gemacht hat, nicht auffallen.

den eigentlich betreffenden Gegenstand zuließen und die Resultate noch zu einigen Complicationen behaftet. Ich ziehe es deshalb vor, hinsichtlich derselben auf die Originalabhandlung zu verweisen.

Umkehrungsphänomene.

Marianini *) hat neuerdings den Umstand, daß manche Metalle in manchen Flüssigkeiten das entgegengesetzte elektromotorische Verhältniß zeigen, als ihnen nach der Stellung in der galvanischen Spannungsreihe zukommen sollte, von denselben Umständen abgeleitet, von denen es schon früher von meiner Seite geschehen ist. Ich darf wohl ohne Anmaßung sagen, daß meine eignen viel vollständigern Versuche **) die specielle Anführung derer von Marianini in diesem Bezuge überflüssig machen. Indeß will ich bemerken, daß er auch bei Zinn und Kupfer, so wie bei Eisen und Kupfer in Ammoniakflüssigkeit nachgewiesen hat, daß die umgekehrte Wirkung erst im Verlaufe der Schließung aus der normalen durch Umkehrung entsteht, welche Fälle in meiner Abhandlung über diesen Gegenstand nicht enthalten sind. Auch folgende Tabelle von de la Rive (Pogg. XV. 125) enthält mehrere hierher gehörige Fälle.

In nachfolgender Tafel ist jedes Metall positiv gegen das vorhergehende, negativ gegen das folgende:

In conc. Salpetersäure.	In verdünnter Salpetersäure.
Oxydirtes Eisen	Silber
Silber	Kupfer
Quecksilber	Oxydirtes Eisen
Blei	Eisen
Kupfer	Blei
Eisen	Quecksilber
Zink	Zinn
Zinn	Zink.

Kohle ist nach de la Rive sowohl in kalter als besonders in bis 100° oder 150° C. erhitzter conc. Schwefelsäure stark positiv gegen Platin, in etwas erwärmtem Königswasser dagegen noch stärker negativ gegen dasselbe Metall. (Im ersten Falle wird die Kohle, im letzten das Platin stark angegriffen). — Eisen ist in verdünnter Säure ungemein positiv gegen Arsenik; in schmelzendem Kalihydrat dagegen negativ. Eisen ist in der Regel positiv gegen Gold; taucht man aber beide in Quecksilber, nachdem man das Gold mit Salpetersäure benetzt hat, so ist es negativ gegen dieses.

Wetzlar ***) hat den Umstand, daß Eisen in salpetersaurer Silberlösung eine bedeutende Elektro-Negativität annimmt, neuerdings noch vollends durch folgenden Versuch bestätigt: Wenn man einen blanken Eisen-

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 118.

**) Schweigg. J. LIII. 61. 129. oder Biot III. 83.

***) Schweigg. J. LVI. 206.

men, scheint mir nichts wesentlich Neues vorzukommen außer etwa Folgendes:

1) Man hat geleugnet, daß die Elektricität von Drähten, welche unter dem Einfluß der Kette eine Ladung erlangt haben, vom Condensator nachgewiesen werden könnte. Dies ist jedoch Marianini an einem Silberdraht, der durch eine Säule eine Ladung erfahren hatte, geglückt; und im Grunde war dies auch zu erwarten, ohne daß man deßhalb an eine vom Draht zurückgehaltene Elektricität zu denken hätte: der Draht hatte nämlich, wie es wenigstens scheint (denn die Beschreibung ist nicht deutlich) als verbindender Bogen zwischen zwei Gefäßen, in welche die Pole einer Säule tauchten, gedient, so daß er durch die Ladung in zwei einander elektromotorisch entgegengesetzte Hälften getheilt worden war, oder einen einfachen Elektromotor bildete.

2) Wenn man Messing oder Kupfer, die mittelst einer Säule eine so starke Ladung erlitten haben, daß sie sogar positiver als Zink sind, herausnimmt und abwäscht, so werden sie nicht nur negativer als Zink, sondern sogar negativer als bevor sie dem Versuch unterworfen wurden. (Die Flüssigkeit, in welcher die Ladung erfolgte, ist nicht angegeben).

Ohm *) hat die Erfahrung gemacht, daß conc. Schwefelsäure zur Schließung zwischen den aus Platin oder Gold bestehenden Polarstreifen einer Säule angewandt, eine stärkere Ladung an dem positiven Polarstreifen als an dem negativen Polarstreifen hervorbringt, dagegen bei Ätzkalilauge das Umgekehrte Statt findet. Mindestens gestehe ich, daß mir die von ihm in diesem Bezuge angeführten Versuche sich sehr wohl danach erklären zu lassen scheinen, daß z. B. der in die Säure ragende Theil der Oberfläche des den positiven Pol darstellenden Platins Negativität erlangt gegen den außer der Säure bleibenden Theil; jedoch legt Ohm selbst vielmehr die Erklärung einer zwischen Platin und Säure sich bildenden Gegenspannung unter **).

Die Versuche, welche Ohm in diesen Beziehungen angestellt hat, sind von Interesse, und verdienen nachgelesen zu werden; indeß scheinen sie mir nicht unter einer so einfachen Form dargestellt, als sie vielleicht in Bezug auf

*) Schweigg. J. LX. 33.

**) Eine sich zugleich ausbildende Ungleichheit des Übergangswiderstandes an beiden Polarstreifen dürfte übrigens hier doch wohl auch noch mit zu berücksichtigen seyn; denn, wenn auch nach anderweiten Versuchen Ohm's eine solche für Polardrähte aus Gold oder Platin bei einer Säule aus 100 Paaren nicht in Rechnung kommt, so möchte sie doch bei so wenigen Paaren (2 bis 3), als Ohm zu obigen Versuchen anwandte, von sehr namhaftem Einfluß seyn. Ich habe mindestens bei meinen Versuchen in verdünnten sauren Flüssigkeiten mit der den Ladungszustand bezeichnenden Veränderung der elektromotorischen Kraft (in meiner Schrift A genannt) stets Veränderungen im Übergangszustande beobachtet, die sich ungleich für die differenten Glieder der Kette zeigten. Ich gestehe deshalb, daß mir die in Rede stehenden Versuche Ohm's kein recht reines Resultat zu geben scheinen. — Daß Platin und Gold keine sichtbaren Veränderungen im Laufe des Geschlossenseyns erfuhren, kann wohl bei den Beobachtungen, die Ohm selbst am Kupfer gemacht hat, nicht auffallen.

der von Fischer aufgestellten zurückzuführen: daß ein hartnäckig haftender Überzug von salpetersaurer Silberlösung *) Schuld an jener Veränderung sey, zumal, wenn man diesen Umstand in Beziehung setzt mit den S. [illegible] angeführten Erfahrungen Ohm's.

Folgender, ein besonderes Umkehrungsphänomen betreffender, Versuch **) ist, wiewohl schlechthin hingestellt nicht von besonderer Wichtigkeit, doch nicht ohne Interesse. Er schließt sich an eine andere Reihe von Versuchen an, die ich in meinen galv. Maßbestimmungen bekannt gemacht habe, S. 115 ff., die jedoch ebenfalls noch nicht bestimmt zu deuten sind.

Man schließe ein Plattenpaar Zinn-Kupfer, von welchem jede Platte beiläufig 8 Quadratzoll erregende Oberfläche darbietet, in einem weiten Troge, auf dessen Boden sich die Platten in Fugen in einigen Zollen Abstand eingesetzt finden, in Wasser, das mäßig mit Salzsäure angesäuert ist, mittels des Multiplicators, und lasse die Kette ungefähr $\frac{1}{4}$ Stunde geschlossen. Taucht man jetzt in denselben Trog, wo es auch sey, ob zwischen, zur Seite, oder hinter jenen Platten, wenn selbst in namhafter Entfernung davon, eine Zinkplatte ein, und verbindet diese zugleich metallisch (durch einen Draht) ***) mit der Kupferplatte: so wird sich die Nadel des Multiplicators umkehren, und zwar, wenn man selbst die Zinkplatte nur zu ein paar Quadratlinien Tiefe in die Flüssigkeit eintaucht, wiewohl gleich vorher der Strom noch stark genug war, um die Doppelnadel merklich senkrecht auf den Strom zu stellen. Ja hat man eine solche Kette längere Zeit, z. B. einige Stunden, oder einen Tag geschlossen gelassen, so kommt man auf einen Punkt, wo man die Flüssigkeit blos mit einer Ecke der Zinkplatte, so daß sie nur capillär davon empor gezogen wird, zu berühren braucht, um die Umkehrung der Magnetnadel zu bewirken.

Der Erfolg dieses Versuchs, der auch z. B. mit Kupfer-Silber statt Zinn-Kupfer gelingt, steht jedoch ganz in Abhängigkeit von der Wirkungsperiode der Kette. In der That, wenn man ihn gleich anfangs nach der Schließung derselben anstellt, bemerkt man, daß eine nicht unbeträchtliche Größe des Zinks eingetaucht werden muß, um die Strömung umzukehren, daß aber die hierzu erforderliche Größe in dem Maaße abnimmt, als die Wirkungsperiode der Kette fortschreitet, bis man endlich zu jenem Punkte gelangt, wo diese Größe gar nicht mehr in meßbaren Betracht gegen die Größe der ursprünglichen erregenden Oberfläche kommt. Die Umkehrung, die sich dann durch die leiseste Berührung der Flüssigkeitsfläche mit der Zinkecke an irgend einer Stelle des Troges hervorbringen läßt, wofern nur

*) Oder vielleicht salpetersaurer Eisenlösung, die sich im Momente des Eintauchens bildet.

**) Schweigg. J. LVII. 13.

***) Ich nehme diese Verbindung so vor, daß ich in dasselbe Gefäß mit Quecksilber, in welches das eine Multiplicatorende und ein an die Kupferplatte gelötheter Draht taucht, den an die Zinkplatte gelötheten Draht hinzutauche.

Streifen einige Minuten in mäßig saure salpetersaure Silberlösung, dann schnell in destillirtes Wasser taucht, hierauf mit einem, ebenfalls mit dest. Wasser befeuchteten, frischen Eisenblech am Multiplicator zur Kette in einer Salzlösung, z. B. Salpeterlösung oder Lösung von salpetersaurem Kupfer schließt, so zeigt der erste Ausschlag des Multiplicators an, daß der in der salpetersauren Silberlösung gewesene Streifen wirklich negativer als der frische ist. Doch verschwindet dieser negative Zustand bald in der Salzlösung.

Daß nicht etwa salpetersaure Silberlösung, welche an dem Eisen haften geblieben, Ursache der erlangten Negativität sey, glaubt Wetzlar dadurch erwiesen: 1) daß die Negativität durch den Multiplicator unter den angegebenen Umständen selbst dann noch angezeigt wird, wenn man auch den mit der Silberlösung in Berührung gewesenen Streifen nach dem Abspülen sogleich in ein zweites Glas mit dest. Wasser und dann erst auf obige Weise in die Salpeterlösung einsenkt, wo es doch scheint, als müßte alle Silberlösung rein abgespült seyn, um so mehr, da die zweite Waschflüssigkeit mit Kochsalz geprüft kaum mehr als eine Spur davon anzeigte. 2) Daß, wenn gleich schon mäßiges Reiben mit Löschpapier beim Eisen den elektronegativen Zustand, den es in der salpetersauren Silberlösung erlangt hat, aufzuheben vermag, welches man allerdings der Entfernung eines dünnen Überzuges beimessen könnte, doch an Stahl (Stricknadeln) diese Erscheinung viel fester haftet, indem solcher sehr derbes und starkes Reiben mit Löschpapier verträgt, ohne seinen elektronegativen Zustand aufzugeben.

Man kann sogar nach Wetzlar Stahldraht, der in salpetersaurer Silberlösung die in Rede stehende negative Modification erlangt hat, mittelst eines, mit pariser Roth belegten, Leders poliren, selbst in dessen Oberfläche gelinde Feilstriche machen, ja dieselbe behutsam *) (nicht zu stark) mit einem stählernen Schaber abschaben, ohne dessen Negativität merkbar zu beeinträchtigen. Indeß gesteht Wetzlar einerseits, daß schon ½ Minute langes Eintauchen in destillirtes Wasser, andernseits Reiben mit Rostpapier, hinreichen, dem Stahle seine Negativität zu benehmen. Er vermuthet, daß letzteres deshalb der Fall sey, weil jener negative Zustand eine starke Erschütterung der Theilchen, die jenes Reiben hervorzubringen geeignet sey, zumal in Verbindung mit der hierbei Statt findenden Erhitzung, nicht vertrage: ich gestehe indeß, daß es mir wahrscheinlicher scheint, deshalb, weil das Abreiben mit Rostpapier unstreitig sicherer eine Entfernung der ganzen veränderten Oberfläche bewirkt, als Abreiben mit dem Polirleder oder Abschaben mit dem Schaber. Die Ansicht Wetzlar's, daß die erlangte Negativität auf einer sogenannten elektrodynamischen Veränderung (die doch nur eine causa occulta wäre) beruhe, scheint mir immer noch hinter

*) Also doch wahrscheinlich so, daß nicht die ganze Oberfläche durch das Schaben entfernt wird. F.

durch den Multiplicatordraht in Verbindung standen. Dies Kupfer- [illegible] seinen Platten ward in schwach gesalzenes Wasser getaucht; die Nadel des Multiplicators wich um 12° ab. Ganz dieselbe Ablenkung ward erhalten, als der Versuch mit der Modification wiederholt wurde, daß an die beiden anderen verticalen Flächen des Würfels ein anderes Kupfer- und Zinkpaar befestigt ward, das durch einen Schließungsdraht in Verbindung stand.

Ähnliche Versuche wurden mit säulenartigen Apparaten, mit drei sich kreuzenden Strömen, mit Kreuzung unter spitzen Winkeln u. s. w. angestellt; immer war das Resultat das nämliche, daß diese Kreuzung nichts an der Wirkung veränderte.

Nach Kemp, wenn man durch einen Theil des metallischen Bogens, welcher eine einfache Kette schließt, in dem sich zugleich ein Multiplicator befindet, den Strom eines Becherapparates von 60 Plattenpaaren leitet*), so daß der Strom mit dem Strome der Kette in entgegengesetzter Richtung geht, so wird er in der Ablenkung der Nadel keine Änderung, und wenn er in derselben Richtung hindurchgeht, nur eine geringe Verstärkung hervorbringen **).

Giebt man dem Schließungsdrahte einer Säule an zwei Stellen seiner Länge respectiv zwei Biegungen, deren jede man in das Ende einer mit Flüssigkeit gefüllten U förmigen Röhre leitet, in deren anderen Schenkel die Poldrähte einer andern Säule geleitet werden, so leuchtet ein, daß der zwischen beiden Biegungen enthaltene Theil des Schließungsdrahtes zugleich die Communication zwischen den Polen der zweiten Säule bewirkt, indem er nach Art eines Zwischendrahtes die Gefäße verbindet, in welche die Poldrähte dieser Säule tauchen. An den in diese Flüssigkeit tauchenden Biegungen zeigen sich dann dieselben chemischen Veränderungen (Kemp

*) Unstreitig geschieht dies so, daß die beiden Polardrähte respectiv mit zwei Stellen des Schließungsbogens der einfachen Kette in Verbindung gesetzt werden, wo dann das zwischen beiden Polardrähten befaßte Stück jenes Schließungsbogens zugleich zur Schließung der einfachen Kette und der Säule dient.

**) Diese Verstärkung, wo sie beobachtet wird, möchte wohl daher rühren, daß der Strom der Säule bei der angezeigten Anordnung im Grunde zwei Wege findet, die er durchlaufen kann, 1) den Weg durch den Theil des Schließungsbogens, der zwischen beiden Polardrähten befaßt ist; 2) den, wegen des Vorhandenseins der Flüssigkeit unstreitig viel schlechter leitenden Weg durch den übrigen Theil der Kette, welcher den Multiplicator enthält. Er wird sich also nach bekannten Gesetzen zwischen beiden Wegen nach Verhältniß ihres Leitungsvermögens theilen, und deshalb auch ein Theil vom Strome der Säule durch den Multiplicator gehen, und so die Verstärkung hervorbringen müssen. Nach demselben Umstande muß freilich auch eine Schwächung bei entgegengesetzter Richtung der Strömung beobachtet werden, wiewohl Kemp diese in Abrede stellt. Dieser Umstand möchte übrigens auch bei Marianini's Versuchen in Betracht zu ziehen sein; daher man doch wohl nicht erwarten dürfte, daß unter allen Umständen die von ihm angeführte Invariabilität der sich kreuzenden Ströme Statt finde; es muß hier auf das respective Leitungsvermögen der Theile viel ankommen.
F.

prüfte die Farbenänderungen der Blaukohltinctur), als sie an einem Zwischendrahte der zweiten Säule, auch wenn er nicht zur Schließung der ersten gedient hätte, Statt gefunden haben würden.

VIII. Wärmeerscheinungen der galvanischen Kette.

Über Wärmeentwickelung durch die galvanische Kette, von de la Rive *).

1) Die schon früher bekannte Erfahrung, daß wenn eine starke Säule mittelst einer Kette, welche aus abwechselnd an einander gefügten, gleich dicken und gleich langen, Platin- und Silberdrähten besteht, geschlossen wird, die Platindrähte glühend werden, während sich die Silberdrähte nicht merklich erhitzen, fand de la Rive bei öfterer Wiederholung bestätigt.

2) Wenn der Strom nicht so stark ist, daß die Drähte der Kette, welche sich erhitzen müssen, in ihrer ganzen Länge glühend werden könnten, so zeigt sich das Glühen nur an den Einhängepuncten, und im Allgemeinen, wenn man aus mehreren an einander gefügten, entweder homogenen oder heterogenen, Metalldrähten einen Leiter bildet, sind es jedesmal die den Berührungspuncten zunächst liegenden Portionen, welche sich am meisten erhitzen und allein glühend werden, falls die Säule nicht so stark ist, daß die ganze Kette zum Glühen kommen kann.

3) Die Temperaturerhöhung der schließenden Flüssigkeit ist immer beträchtlicher an demjenigen Pole, an welchem das geringere Gasvolumen entwickelt wird, so z. B. bei der Zersetzung des Wassers am positiven Pole, wo der Sauerstoff auftritt, stärker, als am negativen oder Wasserstoffpole **).

5) Ein Mittel, die Wärmeentwickelung im Innern einer Flüssigkeit, die zwischen die Pole einer Säule gebracht wird, zu vermehren, besteht darin, die Flüssigkeit in mehrere Zellen, deren Wände jedoch nicht metallischer Beschaffenheit sein dürfen, zu vertheilen, z. B. in Zellen von thierischer Blase, oder sie von einem Körper capillar aufsaugen zu lassen.

Leitet man einen und denselben Strom successiv durch eine Flüssigkeit, die in einem Glasrohre von gewisser Weite und Länge enthalten ist, und durch einen mit derselben Flüssigkeit benetzten Baumwollendocht von gleicher Länge und Dicke mit dem Rohre, so bleibt die Temperatur bei der in dem Rohre enthaltenen Flüssigkeit unverändert, während sie bei der in dem

*) Bibl. univ. XL. 40 oder Pogg. XV. 257.

**) Der Verfasser führt keine Beispiele von Flüssigkeiten an, wo die Wärmeentwickelung am entgegengesetzten Pole bei dort Statt findender stärkerer Gasentwickelung stärker wäre.

Dochte befindlichen Flüssigkeit beträchtlich steigt. Der beste Apparat dessen man sich zu dergleichen Versuchen bedienen kann, ist der Stengel einer fetten, etwas saftreichen, Pflanze. Die Wärme, welche er im Kreis einer Säule entwickelt, ist so beträchtlich, daß in den beiden Endstücken, in der Nähe der eingesteckten Platindrähte, die mit den Polen der Säule in Verbindung stehen, das Wasser ins Sieden geräth.

6) Obgleich eine Säule aus wenigen Platten von großer Oberfläche hinreicht, Metalldrähte ins Glühen zu bringen, so hat man doch *) eine größere Zahl von Plattenpaaren nöthig, um dünne Metallblättchen zu verbrennen, oder um eine Licht- und Wärmeentwickelung zwischen zwei Kohlenspitzen zu erhalten, oder um, beim Durchgange des Stromes durch Flüssigkeiten, eine Temperaturerhöhung zu bewirken.

Es vermag z. B. nach dem Verfasser eine Säule von 60 Plattenpaaren, welche die drei letzten Klassen von Erscheinungen hervorzubringen vermag, nicht den dünnsten Platin- oder Eisendraht ins Glühen zu versetzen, während 6 Plattenpaare derselben Säule die letzte Wirkung, aber keine der drei ersten, zu leisten im Stande ist.

Galvanische Funken in Flüssigkeiten.

Wenn man die Biegung einer Vförmig gekrümmten Röhre mit Quecksilber ausfüllt, in die beiden Schenkel leitende Flüssigkeit gießt, dann einen Platindraht durch den einen Schenkel bis zu einer kleinen Entfernung (½ Millimeter oder weniger) vom Quecksilber, den andern bis in das Quecksilber einsenkt, endlich den ersten Draht mit dem positiven, den zweiten mit dem negativen Pole einer Säule in Verbindung setzt, so erfolgt im Augenblicke der Schließung eine Anziehung des Quecksilbers gegen den positiven Draht, wie dies schon früher bekannt ist; öfters aber bemerkt man auch zugleich in demselben Augenblicke die Entstehung eines Fünkchens zwischen Draht und Quecksilber in der Flüssigkeit. Marianini**) hat über die Umstände, welche diese letzte Erscheinung begünstigen, eine weitläufige Reihe von Versuchen angestellt, die zu folgenden Resultaten geführt haben. Die Farben der Funken sind eben so beschaffen, wie in der Luft (nicht näher charakterisirt). Alles, was die Wirksamkeit der Säule befördert, befördert auch das Erscheinen der Funken, dagegen der Funke um so leichter erscheint, je schlechter die Flüssigkeit leitet, die er in der Röhre zu durchbrechen hat, es wäre denn, daß das Leitungsvermögen so gering wäre, daß die Schwächung, welche die ganze Kraft der Säule hierdurch erfährt, den localen Vortheil des schlechten Leitungsvermögens überwöge. Im Allgemeinen ist er daher leichter in Brunnenwasser als in Salzwasser, noch leichter in destillirtem Wasser und Alkohol zu erhalten, dagegen nicht leicht in Öl, wenn man auf die angegebene Art verfährt, dagegen er auch hier eintritt, wenn

*) Und dies stimmt ganz mit Ohm's Theorie überein.

**) Bibl. univ. 1831. Juillet. p. 283.

man nach Schließung des Kreises auf die angezeigte Art den positiven Draht nun durch das Öl hindurch bis zur Berührung mit dem Quecksilber selbst bringt. Auch in den besser leitenden Flüssigkeiten läßt er sich auf diese Weise erhalten; wofern man die Schließung mittelst Eintauchens des Drahtes durch die Flüssigkeit hindurch bis zum Quecksilber selbst bewirkt, und dabei schnell zu Werke geht, widrigenfalls vor dem Anlangen des Drahtes an das Quecksilber schon eine zu starke Schwächung des Apparates eingetreten sein könnte. Hat man einen Funken durch eine einmalige Schließung auf eine der angegebenen Arten erhalten, so wird bei neuen Öffnungen und Wiederschließungen ein zweiter, dritter Funke u. s. f. eintreten können, die jedoch im Allgemeinen schwächer sein, oder auch wohl ganz ausbleiben werden, wenn man nicht die Kette lange genug geöffnet gelassen hat, daß der Apparat seine durch die Schließung geschwächte Intensität wiedererlangt.

An dem negativen Drahte ist die Erscheinung auch hervorzubringen, doch schwieriger als am positiven, was unstreitig daher rührt, daß durch die absteigende Bewegung, die das Quecksilber, dem negativen Drahte gegenüber, im Augenblicke der Schließung erhält, die Entfernung desselben vom Drahte vermehrt wird, während umgekehrt am positiven Pole die Näherung des Quecksilbers gegen den Draht die Erscheinung begünstigt; auch sieht man hier, wenn der Draht nicht ganz nahe ans Quecksilber gebracht war, öfters eine bemerkliche Zwischenzeit zwischen dem Augenblicke der Schließung und dem, wo der Funken erscheint, verfließen.

Die Erscheinung findet nicht bloß bei Platindrähten, sondern auch eben so gut bei Drähten aus anderen Metallen, als Silber, Kupfer, Eisen Statt; sie schien dem Verfasser sogar bei Eisendrähten manchmal lebhafter auszufallen, als bei den übrigen Drähten. Je dünner der Draht ist, an welchem der Funke erscheinen soll, um so leichter entsteht das Phänomen. Die meisten Versuche wurden vom Verfasser mit Drähten von 0,45 Millimeter Dicke angestellt; doch erhielt er die Funken noch leichter mit solchen von bloß 0,14 Millimeter Dicke, dagegen sie bei Drähten von 0,88 Millimeter Dicke bloß unter den günstigsten Umständen erschienen. Bei einer Veränderung des Durchmessers der Röhren von 3 bis 8 Millimeter wurde kein Unterschied in der Erscheinung bemerkt, dagegen wenn dieser Durchmesser 1 Centimeter überstieg, so trat die Erscheinung seltener ein, weil dadurch die begünstigende Bewegung des Quecksilbers geschwächt wurde. Zum Gelingen des Versuchs ist nicht nöthig, daß das Quecksilber rein sei; es schadet nichts, wenn es etwas Blei oder Zinn enthält; dagegen wurden keine Funken mehr erhalten, wenn dem Quecksilber ein Cylinder von Kupfer, Blei oder anderen Metallen substituirt worden, wenn man auch der mit der Flüssigkeit in Berührung befindlichen Oberfläche des Metalls dieselbe Krümmung gab, welche das Quecksilber von Natur in der Röhre annimmt. Dagegen sieht man Funken zwischen den in einer Flüssigkeit (destillirtem Wasser, Olivenöl) einander genäherten Spitzen zweier

Telegraphie bei Schließung des Kreises entstehen, mögen die Drähte aus Eisen, Kupfer, Silber oder Platin oder auch der eine von einem, der andere von einem andern Metalle sein. Lassen sich nach Wegnahme einer Säule keine Funken zwischen den Platindrähten in der Luft mehr erhalten, so braucht man sie nur mit einer Kohlenschicht überziehen, indem man sie einige Zeit in die Flamme einer Kerze hält, um die Funken in der Flüssigkeit bei der Schließung sofort wiedererscheinen zu sehen.

Bei den Versuchen, wo der Funken zwischen einer Platinspitze und Quecksilber entsteht, sieht man, besonders wenn die Säule sehr wirksam ist, fast stets in der Flüssigkeit bei dem Quecksilber eine dunkelaschfarbene Wolke, wahrscheinlich von Quecksilberoxyde herrührend, entstehen. Auch als der Funken zwischen zwei in Olivenöl getauchten Drähten entstand, sah man in demselben ein aschfarbenes Bläschen sich bilden, welches langsam aufstieg, beim Anlangen an der Oberfläche zerplatzte und unter schwacher Explosion eine kleine Rauchwolke ausströmen ließ, deren Geruch dem des Öls, welches man auf glühende Kohlen gießt, glich. In geschmolzenem Wachs trat dieselbe Erscheinung mit noch stärkerer Explosion ein.

Funken durch die Flamme.

Marianini *) beobachtete, daß, wenn die Spitzen zweier Platindrähte einander in der Flamme einer Lampe genähert wurden, leichter ein Funken zwischen ihnen entstand, als durch die Luft; doch ergab sich bei näherer Untersuchung, daß dieser Umstand bloß auf Absatz einer Kohlenschicht an den Drähten beruhete, welche die Entstehung des Phänomens erleichtert. In der That zeigten sich die Funken eben so leicht in der Luft, als in der Flamme, wenn die Enden der Metalldrähte mit einer kohligen Schicht (durch Hineinhalten in eine Flamme) zuvor überzogen waren; ferner findet die Begünstigung der Funkenerzeugung bloß in denjenigen Flammen Statt, welche wirklich einen Kohlenabsatz auf dem Draht veranlassen, so von Wachs, Öl und Talg, nicht aber bei denen, wo dies nicht der Fall ist, z. B. von Alkohol und Schwefel. Der Verfasser hat bei Anstellung dieser Versuche auch die Entstehung der schon von Anderen beobachteten Rußdendriten wahrgenommen, ohne etwas Neues darüber mitzutheilen.

Formel für die Kraft, mit welcher ein in der Kette befindlicher Theil zu erglühen strebt **).

Unter Voraussetzung, daß die Kraft, mit der ein in der Kette befindlicher Körper zu erglühen strebt, und mithin die Intensität dieses Erglühens der Intensität des diesen Körper durchlaufenden Stromes direct proportional ist, außerdem aber abhängt von der besondern Natur des Kör-

*) Bibl. univ. 1831. Juillet. p. 262.

**) Ohm in Kastn. Arch. XVI. 1.

(welches die natürlichste Annahme ist, die man über diesen Gegenstand ...runde legen kann), wird man folgende Formel*) finden, um die Abhän... ...it der Stärke des Erglühens von den verschiedenen Umständen der Kette ...drücken, bei welcher Formel jedoch der erkältende Einfluß der Luft, ...e die Wärmeentziehung, welche der sich erhitzende Theil der Kette von ...n der kalten Theile derselben, mit denen er in Berührung ist, erfährt, ...chlässigt ist **).

$$G = \frac{A\ ^{***)}}{\left(L\omega + \frac{1}{k}\right)\chi}$$

...ierin ist G die Stärke, mit welcher der Körper (in der Regel ein ... von der Länge l, dem Querschnitte ω und dem (von Materie und ...ratur abhängigen) Leitungsvermögen k erglüht, wenn er in eine

...Herleitung der Formel. Ist J die Intensität des Stromes, wel... ...en Theil der Kette durchläuft, und haben die anderen Buchstaben die ...ng wie oben, so wird die Voraussetzung, daß die Stärke des Erglühens ...örpers der Intensität des ihn durchlaufenden Stromes direct proportional ...d außerdem abhängt von Materie und Temperatur desselben, sich durch Gleichung ausdrücken lassen:

$$G = \frac{J}{\chi}$$

...n ist die Intensität des Stromes in dem zu erglühenden Theile

$$= \frac{A}{(L + \varDelta)\,\omega}$$

...en Leitungswiderstand des zu erglühenden Theiles bezeichnet (zufolge des ... daß die Intensität des Stromes in jedem Theile der Kette gleich ist der ...en Quantität Elektricität, die ihn durchströmt, dividirt durch den Quer...

...des Theiles). Die Größe $\varDelta$ aber kann nach bekannten Gesetzen durch $\frac{1}{k\omega}$ ...tzt werden, wodurch sich die obige Formel ergiebt.

...) Um letztern Umstand in Betracht zu ziehen, müßte man das Wärmelei... und Stralungsvermögen des zu erglühenden Drahtes und der benach... Theile, so wie das Lagenverhältniß des Drahtes zu den benachbarten in die Formel aufnehmen, was dieselbe sehr compliciren und einen all... ...en Ausdruck dafür zu finden sehr erschweren würde. Ich bemerke hierbei, ...wahrscheinlich die Vernachlässigung dieser Umstände ist, warum das Phä... ... daß ein Draht, wenn seine Glühkraft abnimmt, noch in der Mitte glü... ...leibt, während er schon an den Enden erkaltet, nicht aus der Ohm'schen ... hervorgeht, aus der ein stets gleichförmiges Glühen eines Drahtes von ...iger Dicke und Materie in seiner ganzen Länge hervorgehen würde. ...itig nämlich wird in der Wirklichkeit den Drahtenden durch die Metall... ...n, mit denen sie in Berührung sind, die Wärme schneller entzogen, als ...itte.

***) Unter der Voraussetzung, daß $\chi = k$, würde sich diese Formel in fol... einfachere verwandeln:

$$G = \frac{A}{Lk\omega + 1}$$

Kette gebracht wird, deren elektromotorische Kraft*) = A und deren gesammter Leitungswiderstand, mit Ausnahme des zu erglühenden Drahtes, = L ist.

χ (Glühcoefficient) ist ein für verschiedene Körper verschiedener Coefficient, welchem die Glühkraft umgekehrt proportional ist. Insofern die Versuche zeigen, daß die Körper in dem Grade schwerer ins Glühen kommen, als ihr Leitungsvermögen für Elektricität größer ist, wäre es möglich, daß der Coefficient χ dem Coefficienten k einfach proportional wäre oder sogar mit ihm zusammenfiele, was jedoch noch durch Versuche nicht ausgemittelt ist. Jedenfalls wird er eine Function von k sein**). Hierbei muß bemerkt werden, daß k nicht allein von der Materie, sondern auch von der Temperatur der Körper abhängt, nämlich daß sein Werth in erhöheter Temperatur abnimmt, jedoch in einem bis jetzt nicht bestimmten Verhältnisse; daher sind k und χ eigentlich selbst Functionen von G oder, mit anderen Worten, sie werden bei übrigens gleichen Umständen für verschiedene Grade des Erglühens einen verschiedenen Werth erhalten. Bei der Unkenntniß der Abhängigkeit dieses Werthes von der Temperatur kann daher die obige Formel bis jetzt nicht sowohl dienen, die *verschiedenen Grade* des Erglühens genau herzuleiten, die man durch verschiedene Abänderungen der Kette erhält, weil man den Werth von k und χ für diese Grade nicht kennt***), als vielmehr die verschiedenen Abänderungen der Kette oder die verschiedenen Drahtlängen genau kennen zu lernen, für welche *derselbe Grad* des Erglühens bei Drähten aus *derselben Materie* erlangt wird, weil in diesem Falle k und χ constante Werthe behalten. Setzt man noch überdies immer Drähte von gleicher Dicke voraus, so wird die Vergleichung auch unabhängig von dem erkältenden Einflusse der Luft werden, da Drähte von gleicher Materie, gleicher Temperatur und gleicher Dicke einen gleichen erkältenden Einfluß erleiden werden.

Ungeachtet der Beschränkung, die uns solchergestalt bis jetzt in der Anwendung obiger Formel aufgelegt ist, lassen sich doch mehrere nicht unwichtige Resultate daraus herleiten, die sich auch, so weit zuverlässige Erfahrungen reichen, bis jetzt mit derselben in Übereinstimmung gezeigt haben, namentlich folgende:

1) Der Grad des Erglühens wächst sowohl durch eine Verkürzung der Länge l, als durch eine Verkleinerung des Querschnitts ω des zu erglühenden Drahtes; ferner durch eine Vermehrung der elektromotorischen Gesammtkraft A der Kette (also z. B. Vervielfältigung der Plattenpaare) und Verminderung ihres Leitungswiderstandes L (also Vergrößerung der erre-

*) d. i. das Product aus der Zahl in die Intensität der Plattenpaare der Kette.

**) Er könnte aber auch wohl zugleich eine Function von der specifischen Wärme, dem Wärmeleitungsvermögen u. s. w. sein.

***) Was jedoch nicht hindert, im Allgemeinen daraus herzuleiten, durch welche Umstände die Glühkraft geschwächt oder verstärkt werde.

en Oberfläche, Verstärkung der Leitungsflüssigkeit u. s. w.), wie dies bekannten Erfahrungen übereinstimmt.

2) Bei Vernachlässigung des erkältenden Einflußes der Luft würde die hkraft im Drahte dieselbe bleiben, wenn der Querschnitt des Drahtes emselben Verhältnisse wüchse, in welchem der Leitungswiderstand L übrigen Theile der Kette abnimmt, oder umgekehrt. Da aber ein rer Draht einen verhältnißmäßig schwächern erkältenden Einfluß von Luft erfährt, als ein dünnerer, so wird in der Wirklichkeit die Stärke Erglühens zunehmen, wenn man ω vergrößert, während man L in demn Verhältniß verkleinert; abnehmen, wenn man ω verkleinert, wäh man L in demselben Verhältniß vergrößert. Also wird z. B. ein ht von doppeltem Querschnitte leichter durch eine Kette von der dopn erregenden Oberfläche *) ins Glühen gebracht werden, als ein Draht einfachem Querschnitt durch eine einfache erregende Oberfläche, oder wird, um Drähte von größerer Dicke in denselben Grad des Glühens versetzen, die erregende Oberfläche in minderm Grade zu vergrößern ichen, als den Querschnitt der Drähte.

3) In Ketten, die so beschaffen sind, daß $L\omega$ gegen $\frac{1}{k}$ merklich verindet, d. i. in Ketten, die nur aus einem einzigen großen oder einer ingen Anzahl großer Plattenpaare mit gutleitender Flüssigkeit bestehen, rden, abgesehen vom erkältenden Einfluß der Luft, ein dünner und ein ker Draht in gleich starkes Glühen gerathen; vermöge des erkältenden nflußes der Luft aber wird in solchen Ketten ein dünnerer Draht sogar wächer glühen, als ein dickerer, oder es wird eine kürzere Länge desseln angewandt werden müssen, um mit dem dicken Drahte in gleich star Glühen zu gerathen. In der That hat man bei großplattigen Batten manchmal den Umstand beobachtet, daß von dickeren Drähten ein längres Stück dadurch glühend gemacht wird als von dünneren **).

4) In säulenartig aus unter sich völlig gleichen Elementen zusammentzten Ketten steht die Länge des Drahtes, welche sie zu einem und selben Grade des Glühens bringen, im einfachen Verhältniße der Anl der Elemente, woraus sie gebildet sind, vorausgesetzt, daß jedesmal aht aus einerlei Metall und von demselben Querschnitte zu den Versur genommen wird ***).

*) Wodurch der Leitungswiderstand auf die Hälfte sinkt.

**) Vergl. Singer's El. S. 256.

***) Dies Gesetz ergiebt sich folgendergestalt aus der Formel auf Seite 467. nn a die elektromotorische Kraft eines einzelnen Plattenpaares, m die Zahl Plattenpaare, λ den Leitungswiderstand eines einzelnen Plattenpaares, l die ige des schließenden Drahtes, der durch diese Kette zur Intensität des Glüs G gebracht wird, bedeutet, so hat man $A = ma$, $L = m\lambda$, mithin

$$G = \frac{ma}{\left(m\lambda\omega + \frac{1}{k}\right)\chi}$$

Dies Gesetz ist mehrfach bestätigt worden.

5) Bei Ketten, in denen sich die Größe der erregenden Oberfläche (alle übrigen Umstände derselben als gleich vorausgesetzt) respectiv verhält wie:

1 : 2 : 4 : 8 u. s f.

werden die Unterschiede der Drahtlängen, die durch sie in denselben Grad des Glühens gebracht werden, von einer Kette zur andern immer um die Hälfte kleiner, so daß, wenn man z. B. fände, daß eine Kette von der einfachen erregenden Oberfläche eine Länge von 2 Zoll in ein eben sichtbares Glühen versetzte, und eine Kette von der doppelten Oberfläche eine Länge gleichen Drahtes von 4 Zoll (wo mithin die Differenz = 2 ist), so würde eine Kette von der 4fachen Oberfläche eine Länge von 5 Zoll u. s. f. in ein solches Glühen versetzen.

Allgemein: wenn respectiv f, f′, f″, f‴..... die Flächengrößen der verschiedenen Ketten übrigens gleicher Construction sind, und l, l′, l″, l‴.... die Drahtlängen, die von denselben respectiv zu gleichen Graden des Glühens gebracht zu werden vermögen, so hat man*):

$$(l' - l) : (l'' - l) : (l''' - l) =$$

$$\left(1 - \frac{f}{f'}\right) : \left(1 - \frac{f}{f''}\right) : \left(1 - \frac{f}{f'''}\right)$$

Heißt nun l′ die Länge eines Drahtes von gleichem Querschnitt und gleicher Materie als der vorige, der durch m′ Plattenpaare von gleicher Beschaffenheit mit den vorigen zum Grade G erglühen soll, so hat man

$$G = \frac{m' a}{\left(m' \lambda \omega + \frac{l'}{k}\right) z}$$

mithin

$$G = \frac{m a}{\left(m \lambda \omega + \frac{l}{k}\right) z} = \frac{m' a}{\left(m' \lambda \omega + \frac{l'}{k}\right) z},$$

woraus man findet:

l : l′ : m : m′.

*) Herleitung. In Ketten, in denen alles bis auf die Größe der erregenden Oberfläche gleich ist, seien f, f′, f″... die Größen der erregenden Oberfläche, l, l′, l″... die Drahtlängen, die sie respectiv zu gleichem Glühen bringen, so hat man, da der Leitungswiderstand eines Plattenpaares seiner erregenden Oberfläche umgekehrt proportional ist,

$$G = \frac{A}{\left(\frac{L\omega}{f} + \frac{l}{k}\right) z} = \frac{A}{\left(\frac{L\omega}{f'} + \frac{l'}{k}\right) z} = \frac{A}{\left(\frac{L\omega}{f''} + \frac{l''}{k}\right) z}$$

Diese Gleichung führt zu obigem Verhältniß.

IX. Beziehung des Galvanismus zur Physiologie.

Über den galvanischen Schlag.

Bekanntlich hat Ritter einen Unterschied in der Empfindung des chlages am negativen und positiven Pole bemerken wollen (vergl. Biot's hrb. III. 476), der jedoch von Anderen nicht mit solcher Bestimmtheit ahrgenommen werden konnte. Marianini's Beobachtungen (der von itter's nichts zu wissen scheint) scheinen die von Ritter zu bestätigen. r sagt nämlich (Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 322), daß, wenn man ien Finger bis zum zweiten Gliede in eine Tasse Wasser taucht, welche n positiven Pol eines Tassenapparates von 25 bis 30 Paaren enthält, ährend man den negativen Pol mit einem, in befeuchteter Hand gehalten, Metallcylinder berührt, so fühlt man eine Erschütterung, die sich nur s zum zweiten Gliede erstreckt und mehr äußerlich und mit einer gessen Empfindung, die selbst etwas Schmerzhaftes hat, begleitet ist, dagen, wenn man die Richtung des Stromes umkehrt, die Erschütterung bis zum dritten Gliede gefühlt wird, tiefer eindringt und keine npfindung an der Stelle, wo der Finger das Wasser berührt, zum Beeiter hat. Marianini versichert, diese Unterschiede mit dem Ringfinger r linken Hand so deutlich zu empfinden, daß keine Täuschung obwaln könne.

Marianini (Schweigg. LVI. 234) hat ferner die interessante Beobachtung gemacht, daß nicht allein durch Eintritt oder Austritt der ganzen Strömung der Kette in einen oder aus einem thierischen Organ eine Erschütterung darin hervorgebracht zu werden vermag, sondern auch dadurch, daß ß ein Theil der hindurchgehenden Strömung daraus abgelenkt wird. olgendes sind seine Versuche hierüber:

Er verband durch die unteren Extremitäten eines präparirten Frosches e Flüssigkeit zweier Tassen, welche die Pole eines sechspaarigen Becherparates enthielten, und bewerkstelligte, als seine Zuckungen aufgehört tten, anstatt die Kette zu öffnen, eine Nebenschließung zwischen den Polfäßen durch Eintauchen der Enden eines kleinen Metallstreifens. Sofort ckte der Frosch.

Bei Anwendung eines Tassenapparates von 40 Paaren ferner erhielt larianini selbst kleine Schläge, wenn er, während zwei Finger derselben and die Polgefäße des Apparates verbanden, eine Nebenschließung zwischen diesen Gefäßen durch einen metallischen Bogen bewerkstelligte.

Die so entstehenden Wirkungen sind jedoch jedenfalls schwächer als dienigen, welche man durch Öffnung der Kette erhält.

Ferner bemerkt Marianini, daß, wenn man zwei, mit befeuchteter inwand bedeckte, Metallcylinder, die mit den Polen eines galvanischen

Apparates aus 30 bis 40 Paaren von mäßiger Wirksamkeit communiciren, anfaßt, man bei jedesmaliger Schließung außer der Erschütterung ein eigenthümliches Gefühl in der Handfläche, welche mit dem positiven Pole communicirt, wahrnimmt; und daß besonders Personen, die für die Electricität sehr empfindlich sind, diese Empfindung haben, welche sie mit dem Kriebeln (fremissement) vergleichen, was man häufig an Händen oder Füßen empfindet, wenn die Nerven daselbst eine Zeit lang einen Druck erfahren haben.

Nach Hübenthal ist in dem Stadium der Cholera, wo der Kranke ohne Schmerzensäußerungen stumpf und gefühllos daliegt, derselbe selbst für die stärksten galvanischen, elektrischen und magnetischen Einwirkungen unempfänglich (Kleinert's Repert. V. 129).

Ein, schon früher von Ritter (s. Beitr. II. St. 2. S. 44; vergl. Biot's Lehrb. III. 478) angegebenes Mittel, sich in den Kreis einer starken galvanischen Batterie zu versetzen, um deren continuirliche Strömungswirkung zu erfahren, ohne daß man einen Schlag bei der Schließung oder Öffnung fühlt, ist neuerdings auch von Kemp*) empfohlen worden, welches darauf beruht, daß man anfangs nur ein oder wenige Plattenpaare der Säule oder des Trogapparates in die Kette nimmt; dann, während man sich noch in Schließung mit diesen befindet, ein anderes oder einige andere hinzunimmt, und nun erst die Schließung mit den vorigen aufhebt, u. s. f. Das Verfahren, dieses auf bequeme Weise bei einem Trogapparate zu bewirken, ist nach Kemp Folgendes:

Man faßt in die eine Hand eine metallische Kugel, an der ein Draht befestigt ist, und senkt diesen in die erste Zelle des Trogapparates. In die andere Hand faßt man eine andere Kugel, an der sich zwei von einander abstehende Drähte befinden, senkt den einen dieser Drähte, den wir a nennen wollen, in die zweite Zelle und läßt von jemand den andern Draht b in die dritte Zelle senken, darauf den Draht a aus der zweiten Zelle herausholen und in die vierte Zelle bringen, während sich b noch in der dritten befindet; dann b herausholen und in die fünfte Zelle bringen, u. s. f. — Anstatt bei jeder Fortbewegung des Drahtes ein Plattenpaar hinzuzufügen, können auch 2, 4, 6 Plattenpaare auf einmal eingeschoben werden, insofern von dieser Zahl kein deutlicher Schlag wahrgenommen wird. In dieser Weise erlangt man schneller die erforderliche Intensität der Wirkung. Um den Schlag bei der Öffnung der Kette zu vermeiden, geht man dann auf dieselbe Weise wieder zurück.

Galvanische Froschschenkelversuche.

Marianini, Nobili, Lehot und Matteucci**) haben über galvanische Versuche mit Froschschenkeln einige Abhandlungen bekannt gemacht,

*) Edinb. med. and surg. Journ. (1829.) XXXII. 342; oder Schweigg. J. LVIII. 43; oder Fror. Notiz. XXVI. S. 303.

**) Marianini in Ann. de Ch. et de Phys. XL. 225; XLIII. 320. oder

sie allerdings in Verhältniß zu ihrem Umfange sehr wenig, aber doch einige interessante, neue Thatsachen enthalten, übrigens viele Bestätigungen früherer Beobachtungen. Was uns darin bemerkenswerth scheint, wollen wir hier mittheilen.

1) Nennen wir directen Strom den, wo das positive Metall am Nerven, das negative am Muskel applicirt ist (oder was von gleichem Erfolg ist, wo das positive Metall näher, das negative entfernter vom Ursprunge des Nerven respectiv auf zwei Stellen desselben applicirt ist), umgekehrten Strom den, wo die umgekehrte Anordnung Statt findet; so findet nach Nobili (Schweigg. LX. 234)*), wenn eine schwache Kette (einfache Kette von Kupfer und Platin) auf ein Froschpräparat angewandt wird, Folgendes Statt:

a) die schwächste Contraction bewirkt der umgekehrte Strom beim Schließen;

b) eine minder schwache Contraction bewirkt der directe Strom beim Öffnen;

c) eine nicht sehr starke Contraction erregt der umgekehrte Strom beim Öffnen;

d) die stärkste Contraction erregt der directe Strom beim Schließen.

Ist das Froschpräparat noch sehr kräftig, so sind diese Gradverschiedenheiten in der Zuckung nicht wohl wahrzunehmen; in dem Maße aber, als die Lebenskraft desselben abnimmt, werden die Unterschiede deutlicher, so daß die schwächeren Contractionen unmerklich werden können, während die stärkeren es noch nicht sind, wonach Nobili 5 Zustände der Erregbarkeit unterscheidet, je nachdem 1) alle 4, 2) bloß die letzten 3, 3) bloß die letzten 2, 4) bloß die letzte, 5) gar keine Art der Zuckung mehr bemerklich ist.

Es ist jedoch wohl zu bemerken, daß dies Gesetz nur für den Fall schwächerer Ketten gültig ist. Im Fall man stärkere Ketten einwirken läßt, können, wie dies auch schon Ritter bemerkt hat, gerade die umgekehrten Erfolge eintreten. Ja es ist nach Nobili nicht einmal nöthig, um diese Umkehrung hervorzubringen, statt außerordentlich schwacher Ströme sehr energische anzuwenden; man braucht nach ihm meist nur statt eines Platin-Kupferbogens einen Kupfer-Zinkbogen anzuwenden, um die von dem umgekehrten Strome herrührende Zuckung zuletzt verschwinden zu sehen.

Schweigg. J. LVI. 227, 321; oder in Baumg. Zeitschr. V. 433; VIII. 90; desselben Bemerkungen zu Matteucci's Abhandl. Bibl. univ. 1831. Août. p. 371; — Nobili in Bibl. univ. 1830. Mai. 48; oder Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 61; oder Baumg. Zeitschr. VIII. 230; oder Schweigg. LX. 265. — Lehot in Ann. des sc. d'observ. III. 33 (enthält mehrere Anmerkungen in Bezug auf Marianini's Abhandlung ohne neue Thatsachen). — Matteucci in Bibl. univ. 1831. Févr. 113; oder Baumg. Zeitschr. IX. 486 (enthält ebenfalls fast nur theoretische Betrachtungen in Bezug auf Marianini's Versuche, ohne neue Thatsachen von Belang).

*) Vergl. auch Marianini in Schweigg. J. LVI. 228.

Auch verdient Bemerkung, daß die Versuche, aus denen diese Resul- ate gezogen sind, an Individuen angestellt wurden, die im Allgemeinen hr kräftig, mehr klein als groß waren (im Herbste bei 10° bis 15° C.). ber auch eine verschiedene Reizbarkeit der Individuen kann Abänderungen die oben angegebenen Bestimmungen bringen, was auch schon früher von itter beobachtet worden ist. So fand der Verfasser, daß solche Sub- cte, welche entweder in Folge langer Entziehung von Nahrungsmitteln, der irgend anderer Entbehrungen und Leiden nur wenig Erregbarkeit noch sassen, fast alle Ausnahmen zeigten von der obigen Regel. Bei solchen ndividuen verschwand sehr oft diejenige Zuckung **zuerst**, welche vom di- cten Strome bei Öffnung des Kreises bemerkt wird; aber bei mehreren ndividuen verschwand auch wohl gar eine der beiden **stärkeren** Zuckun- en eher als eine oder die andere der schwächeren.

Freilich möchte man nach solchen Exceptionen fragen, was denn eigent- ch als Regel übrig bleibt.

2) Damit eine Trennungszuckung eintrete, ist nicht erforderlich, daß ne Schließungszuckung vorangegangen sei. In der That kann man einen rosch so allmälig der Wirkung des vollen Stromes aussetzen, daß die Schließungszuckung ganz beseitigt wird. Die Trennungszuckung wird darum icht minder erfolgen. (Marianini in Schweigg. LVI. 235).

3) Die Trennungscontraction ist nach **Marianini** (Schweigg. LVI.) ärker, wenn die vorangegangene Schließung etwas länger, als wenn sie ürzere Zeit dauerte, was besonders merklich ist, wenn man eine Säule it starkem Leitungswiderstande anwendet. Er bildete einen Tassenapparat us acht Paaren, von denen aber bloß zwei wirksam waren, indem die brigen bloß aus kleinen Messingbogen bestanden. Der negative Pol wurde it den Nerven, der positive mit den Muskeln eines Froschpräparates in Verbindung gesetzt, wo keine bemerkliche Schließungs-, wohl aber eine Tren- nungszuckung eintrat. Man bemerkte, daß diese am stärksten war, wenn an den Strom 8 bis 10 Secunden wirken ließ, wo sie sich ungefähr drei- al stärker zeigte, als wenn die Kette nur einen Augenblick geschlossen lieb. **Nobili** (Schweigg. LX. 288) hat dieselbe Beobachtung gemacht.

4) Die schon früher von **Ritter** (dessen Beitr. II. St. 2. S. 83) emachte Beobachtung, wonach bei abwechselnder Schließung und Öffnung er Kette durch Theile des Körpers die Trennungsschläge im Verhältniß u den darauf folgenden Schließungsschlägen immer stärker und stärker erden, fand **Marianini** (Schweigg. LVI. 233) auch an Froschprä- araten bestätigt.

Er bewirkte bei einer Säule kurz auf einander folgende abwechselnde Öffnungen und Schließungen mittelst eines Froschpräparates, und beobach- tete ungefähr 1 Stunde hindurch, daß in dem Maße, als die Schließungs- zuckungen schwächer wurden, die Trennungszuckungen an Stärke zunahmen. Doch bemerkt er, daß von 4 bis 5 diesem Versuch unterworfenen Fröschen

nur ein einziger, ein sehr dickes, lebhaftes, erregbares, lebenskräftiges Männchen, den erwähnten Erfolg mit rechter Deutlichkeit darbot.

5) Folgender Versuch Marianini's (Schweigg. LVI. 325) ist ebenfalls nur eine Bestätigung schon früher bekannter *).

Man präparire zwei Frösche auf die gewöhnliche Weise, man bringe die Gliedmaßen des einen mit dem negativen, die des andern mit dem positiven Pole einer Kette in Verbindung und lasse die beiden Körper (troncs) derselben in die Flüssigkeit eines und desselben Gefäßes tauchen. Bei jeder Schließung der Kette zuckt der erste Frosch, der andere nicht. Kehrt man die Lage des letztern um, indem man den Körper an die Stelle bringt, wo sich erst seine Gliedmaßen befanden, und umgekehrt, so zucken beide Frösche bei der Schließung und rühren sich nicht bei der Öffnung. Kehrt man endlich die zuletzt erwähnte Lage beider Frösche zugleich um, d. h. stehen die Gliedmaßen des ersten mit dem positiven Pole, der Körper des zweiten mit dem negativen Pole in Verbindung, während der Körper des erstern und die Gliedmaßen des letztern in dasselbe Gefäß tauchen, so zuckt keiner von beiden bei Schließung der Kette, beide dagegen bei Trennung derselben. — Diese Zuckungen sind übrigens, wenn man wenig Plattenpaare anwendet, immer bei Weitem schwächer, als wenn man mit einem einzigen Frosche operirt.

6) Marianini macht einen Unterschied zwischen idiopathischen und sympathischen Zuckungen, welche durch den Galvanismus hervorgerufen werden, und zwar sind nach ihm erstere solche, welche durch unmittelbare Wirkung auf die Muskeln entstehen, letztere solche, welche von der Wirkung auf die, den Muskelbewegungen vorstehenden, Nerven entstehen. (Schweigg. LVI. 329). Diese Unterscheidung gründet sich jedoch auf mangelhafte Versuche, indem Humboldt schon früher durch entscheidende Versuche (gereizte Muskel- und Nervenfaser I. 104) nachgewiesen hat, daß idiopathische Zuckungen in Marianini's Sinne gar nicht Statt finden. So z. B. giebt nach Humboldt ein Muskel, aus dem der Nerve möglichst sorgsam herauspräparirt ist, keine Zuckungen mehr durch Galvanismus. Nobili (Schweigg. LX. 291) läugnet ebenfalls das Vorhandensein idiopathischer Zuckungen. Seine in diesem Bezuge angeführten Versuche haben indeß mindere Beweiskraft als Humboldt's Versuche.

7) Bei einem sehr empfindlichen Froschpräparate entsteht, wie schon durch Galvani bekannt ist, eine Zuckung unabhängig von allen Contact heterogener Metalle, wenn man Muskel und Nerv des Präpamtes durch einen homogenen, feuchten oder metallischen, Bogen schließt, und zwar geht der Strom nach Nobili (innerhalb des Präparates) von len Füßen zum Rückenmark, durchläuft mithin das Präparat in der der Nervenverzweigung entgegengesetzten Richtung. Nobili (Schweigg. LX. 294) nennt die hierbei Statt findende Strömung Strom des Frosches. Die Zu-

*) Biot III. 480.

ckung findet gewöhnlich bei der Schließung Statt, doch zeigen Individuen von sehr großer Lebenskraft die Zuckung auch bei der Öffnung der Kette, sehr wenige bloß in der letzten Epoche. Man erhält diese Zuckungen im Allgemeinen nur wenige Minuten lang, doch dauern sie bei einigen Individuen eine Viertelstunde und selbst länger. Jedenfalls verliert nach Nobili das Thier seine Erregbarkeit gänzlich, bevor es noch seine elektromotorische einbüßt, wie sich durch Galvanometer oder auch durch frische Froschschenkel nachweisen läßt, welche in den Kreis schon lange unthätig gewordener Froschschenkel gebracht, das Fortbestehen des ursprünglichen Stromes noch deutlich anzeigen; was ein Beweis mehr sein möchte, daß die elektrische Strömung, welche durch die eigenen Organe des Frosches hierbei entsteht, keine von seiner Lebenskraft abhängige Wirkung ist.

Nobili ist allerdings der Ansicht Volta's nicht geneigt, daß Nerv und Muskel hierbei als zwei heterogene Körper wirken, sondern er glaubt vielmehr hierbei eine thermoelektrische Wirkung im Spiele. Der Muskel und der Nerv besitzen nämlich beide die Neigung nach und nach auszutrocknen, und dieser Verlust an Feuchtigkeit soll genügen, einen Temperaturunterschied zwischen beiden zu unterhalten *). Es braucht wohl nicht erinnert zu werden, wie unwahrscheinlich diese Ansicht ist. Indeß Nobili sieht überall thermoelektrische Wirkungen.

8) Unter den nach Galvani's Art präparirten Fröschen stößt man bisweilen auf einige, deren Gliedmaßen dermaßen steif werden, daß sie sich nur mit Mühe biegen lassen, und, mit Gewalt gebogen, nachher schnell ihre ursprüngliche Steifigkeit wieder annehmen, mithin mit einer Art Starrkrampf behaftet sind. Nobili beobachtete in einigen Fällen (Schweigg. LX. 301), daß ein solcher Frosch unter dem Einfluße eines gewissen Stromes in diesem Zustande verharrte, während unter dem Einfluße des entgegengesetzten Stromes alle Gliedmaßen vollständig abgespannt wurden. Anderemale gelang ihm dieser Erfolg nicht, ohne daß er die Ursachen anzugeben weiß, worauf der Erfolg oder Nichterfolg beruht. Man kann übrigens nach Nobili einen künstlichen Tetanus bei einem Frosche dadurch erzeugen, daß man ihn in eine Kette bringt, und diese Schlag auf Schlag abwechselnd öffnet und wieder schließt.

9) Von einigen galvanischen Versuchen Marianini's und Müller's an Fröschen wird noch im nächsten Artikel die Rede sein.

Galvanisch-physiologische und therapeutische Versuche.

Versuche von Müller**). Der nach Bell's, Magendie's und Schöps's bisherigen Versuchen immer noch nicht für völlig erwiesen zu erachtende Umstand, daß die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven

*) Weil nämlich der eine Körper in der einen Zeit mehr verdampfen läßt, als der andere, so soll sich ersterer mehr abkühlen.

**) Froriep's Notiz. Nr. 8. und 9. des XXX. Bandes.

der Bewegung, die hinteren der Empfindung dienen, kann jetzt durch neuere Versuche vom Professor Müller zu Bonn an Fröschen, wo diese Versuche viel weniger Schwierigkeit darbieten, als außer Zweifel gesetzt angesehen werden. Außer den Versuchen mit mechanischer Reizung der vorderen und hinteren Wurzelenden sprechen auch hierfür Versuche, die mit galvanischer Reizung dieser Enden angestellt wurden. In Verbindung mit diesen Versuchen stellte Müller zugleich andere an Kaninchen an, welche den ebenfalls schon früher aufgestellten Satz bestätigen, daß die einzelnen Hirnnerven verschiedene Functionen in Bezug auf Bewegung und Empfindung besitzen. Die constanten Resultate dieser Versuche waren folgende:

Die zu prüfenden Nervenwurzeln bei den Fröschen waren jedesmal dicht am Rückenmark abgeschnitten *), so daß sie nur mit ihren Rumpfnerven in Verbindung standen. Zur Isolation wurde immer eine Glasplatte untergeschoben und der ganze (noch lebende) Frosch auf ein Stück Glas gelegt.

1) Wenn man die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven mechanisch reizt oder allein mit beiden Polen eines einfachen Plattenpaares in Verbindung bringt, so entsteht niemals die geringste Spur einer Zuckung **).

2) Wenn man dagegen die hinteren Wurzeln mit dem einen Pole, einen Muskel der unteren Extremitäten mit dem andern Pole armirt, und also einen galvanischen Strom von der Wurzel bis zu dem Muskel leitet, so entstehen Zuckungen, und zwar bloß in den innerhalb des galvanischen Wirkungskreises gelegenen Muskeln.

3) Die vorderen Wurzeln bewirken, sowohl unmittelbar mit beiden Polen vereinigt, als mittelbar, indem der andere Pol auf die Muskeln wirkt, Zuckungen in allen Muskeln der Extremität, nicht bloß in dem galvanischen Wirkungskreise, sondern bis zu den Zehen herab. Eben so bewirkt mechanische Reizung der vorderen Wurzeln die lebhaftesten Zuckungen.

4) Dasselbe erfolgt, wenn man die hinteren Wurzeln mit dem einen Pole, die vorderen Wurzeln mit dem andern Pole in Verbindung bringt.

5) Quetscht man einen Muskelnerven mit der Pincette, so wirken mechanischer und galvanischer Reiz über der gequetschten Stelle nicht mehr, wohl aber, wenn der mechanische und galvanische Reiz unter dieser und dem Muskel applicirt wird; desgleichen entstehen Zuckungen, wenn der eine Pol auf das Ende des gequetschten Nerven, der andere Pol auf den Muskel wirkt.

6) Schneidet man die Wurzeln der letzten Spinalnerven in einiger Entfernung vom Rückenmarke ab, so daß noch die Anfänge am Rückenmarke sitzen bleiben, so bewirken weder die vorderen, noch die hinteren

*) Ob hierbei die hinteren Wurzeln mit dem Rückenmark vereinigt blieben, wenn die vorderen abgeschnitten waren, und umgekehrt, erhellt nicht deutlich.

**) Das Abschneiden der hinteren Wurzeln vom Rückenmarke war oft ganz deutlich mit Schmerzensäußerungen am Vordertheile des Rumpfes verbunden.

Wurzeln, wenn sie allein armirt werden, in rückwärts gehender Richtung Zuckungen an den vorderen Theilen des Rumpfes, z. B. am Kopfe; dagegen entstehen Zuckungen, wenn die Wurzeln mit dem einen Pole, die entblößten vorderen Theile des Körpers mit dem andern Pole armirt werden.

7) Bei einem Frosche wurden alle Wurzeln der Nerven am größten Theile des Rückenmarkes von hinten bis in die Gegend der Arme dicht am Rückenmark abgelöst, so daß der hintere Theil des Rückenmarkes frei emporgehoben und ein Glastäfelchen untergeschoben werden konnte. Das Rückenmarksende, mit beiden Polen verbunden, erregte Zuckungen in allen Theilen, welche noch mit dem Rückenmark in Verbindung standen; verhielt sich also in dieser Hinsicht anders als die abgeschnittenen Nervenwurzeln.

Folgende Resultate an den Hirnnerven wurden bei Kaninchen erhalten.

8) Der nervus facialis erregt bei jeder Zerrung mit der Nadel und bei Reizung durch eine Kupfer- und Zinkplatte die lebhaftesten Zuckungen an der Schnauze und allen Gesichtsmuskeln, welche von dem gereizten Aste abhängig sind. Doch ist dieser Nerv nicht bloßer Bewegungsnerv, wie Bell annimmt, denn wenn man irgend einen Ast des nervus facialis bei einem Kaninchen durchschneidet, so entstehen nicht bloß Zuckungen in den abhängigen Muskeln, sondern die heftigsten Schmerzensäußerungen und ein klägliches Geschrei.

9) Der nervus infraorbitalis erregt, wenn man ihn auch noch so sehr mit einer Nadel an der Austrittsstelle reizt und zerrt, niemals eine Spur von Zuckung in den Muskeln der Schnauze, zu denen er doch, in Vereinigung mit den Ästen des facialis, viele Zweige giebt. Der Nerv wurde dicht an der Austrittsstelle durchgeschnitten, wobei das Thier ein höchst klägliches Geschrei und ungeheure Schmerzensäußerungen erhob. Das Ende des Nerven ward mit beiden Metallplatten in Verbindung gebracht, nachdem der Nerv auf eine Glasplatte aufgelegt worden. Es ward keine Spur von Zuckung in den entblößten Muskeln der Schnauze wahrgenommen. Wohl aber entstanden Zuckungen, als der nervus infraorbitalis mit der einen Platte, die Muskeln mit der andern Platte armirt wurden. Als man darauf auf das isolirte Ende des nervus infraorbitalis beide Pole einer galvanischen Säule wirken ließ, zeigten sich bei der Berührung an einigen Stellen des sehr breiten Nerven keine Zuckungen in den Muskeln der Schnauze, wohl aber bei der Berührung an andern Stellen des Nerven kleine Zuckungen, was daraus erklärlich scheint, daß sich Äste des facialis sogleich an den nervus infraorbitalis an der Austrittsstelle anschließen.

10) Der nervus hypoglossus bewirkt bei jeder Zerrung mit der Nadel und beim galvanischen Reize durch beide Pole sehr heftige Zuckungen in der Zunge bis in die Zungenspitze. — Der nervus lingualis bewirkt keine Spur einer Zuckung, wenn er mit der Nadel gezerrt wird, und selbst dann nicht, wenn die beiden Pole einer galvanischen Säule von 65 Plattenpaaren auf ihn wirken. Wenn man aber den einen Pol auf die Zunge, den

andern auf den nervus lingualis bringt, so entstehen Zuckungen. — Der nervus glossopharyngeus erregte, unmittelbar mit beiden Polen der Säule in Verbindung gebracht, kleine Zuckungen in dem Schlunde, nachdem das Thier schon todt war.

11) Als die beiden Pole der Säule von 65 Plattenpaaren auf den nervus splanchnicus applicirt wurden, entstanden keine Zuckungen am Darmcanale, sondern die schwachen peristaltischen Bewegungen verstärkten sich nur, und wurden wieder hervorgerufen, als sie zuletzt aufgehört hatten. Als man den einen Pol auf den Nerven, den andern auf irgend eine Stelle des Darmes applicirte, zog sich vorzugsweise die letztere Stelle, aber ganz außerordentlich eng, zusammen.

Bemerkt mag noch Folgendes werden:

Müller schließt aus dem Umstande, daß Zuckungen entstehen können, wenn ein Nervenende allein mit beiden Polen armirt wird, wo der galvanische Strom nicht durch den ganzen Nerven, sondern nur durch den zwischen den Polen befaßten Theil des Nervenendes hindurchgeht; daß das galvanische Fluidum nichts mit dem Nervenfluidum gemein habe, sondern bloß eben so wie ein mechanischer, auf das Vorderende angebrachter, Reiz wirke. Indeß scheint mir ein solcher Schluß nicht minder vorzeitig als der, daß die Zuckung eine Identität wirklich beweise. Die Entscheidung hierüber möchte wohl nicht ohne Zuziehung anderer Umstände zu geben sein.

Versuche von Lembert *). Lembert legte den hintern Theil des Rückenmarkes eines jungen Hundes zwischen der Cervical- und Dorsalgegend blos, zerschnitt alsdann das Rückenmark völlig in der Quere und beugte den Körper des Thieres nach vorwärts, so daß die Schnittflächen sichtbar wurden. Darauf ließ Lembert den Galvanismus auf das Rückenmark in folgender Art wirken. Die Leitungsdrähte einer galvanischen Säule von 12 Plattenpaaren wurden mittelst einer Seidenumhüllung isolirt, dann ihrer ganzen Länge nach an einander gelegt, so daß sie gewissermaßen nur einen einzigen Draht mit zwei Spitzen bildeten. Nach dieser Vorrichtung wurden diese Spitzen auf alle Puncte der Schnittoberflächen des Rückenmarkes gebracht. Auf der dem Gehirn zunächst gelegenen Fläche brachte die Berührung dieses doppelten Leiters unregelmäßige Bewegungen hervor, welche bloß von dem Schmerze herzurühren schienen, den das Thier empfand. Auf der untern Fläche brachte der Galvanismus je nach den Puncten, welche berührt wurden, veränderliche Erscheinungen hervor. Wurden die vorderen Bündel berührt, so krümmte sich der Schwanz des Thieres zwischen die Hinterbeine, und auch die hinteren Extremitäten wurden in einem sehr merklichen Grade gebeugt. Wurden die hinteren Bündel des Rückenmarkes berührt, so entstanden die entgegengesetzten Bewegungen, nämlich Streckung der Glieder und des Schwanzes, und auch der Rumpf wurde wieder gerade. Berührte Lembert irgend eines von

*) Froriep's Notiz. Nr. 19. des XXX. Bandes S. 292.

den Seitenbündeln des Rückenmarkes, so erfolgte eine Seitenbeugung der entsprechenden Seite. Die Wirkung des Galvanismus auf einen zwischen den Bündeln liegenden Punct hatte immer eine schräge Contraction des Rumpfes und Schwanzes zur Folge.

Versuche von Marianini. Folgenden Versuch führt Marianini *) als Beweis an, daß Bewegung entsteht, wenn das galvanische Fluidum die Nerven nach der Richtung ihrer Verzweigung, Empfindung, wenn es sie in entgegengesetzter Richtung durchläuft.

Ein weiblicher Frosch von mittelmäßiger Größe, ziemlich jung und kräftig, wurde mit dem Rücken auf einem hölzernen Lineale ausgestreckt und mittelst gesonderter Bänder die Hinterbeine und jedes Vorderbein daran festgebunden, so daß sein Athmen ganz ungehindert vor sich gehen konnte. Darauf ward er so präparirt, daß die hinteren Gliedmaßen am Körper bloß mittelst der beiden Cruralnerven hingen. Gleich nach der Operation ward der Frosch losgebunden, das rechte Vorderbein mit einem kleinen Bleistreifen (lame) gebunden, dessen anderes Ende mit dem Pole eines galvanischen Apparates in Verbindung stand; die beiden mit einander verbundenen Hinterbeine wurden mit einem Bleistreifen (bandelette) gebunden, der sich zum andern Pole begab. Die Vorderbeine und der Bauch des Frosches wurden auf eine Glasplatte gelegt und die Hinterbeine mit der Hand, die mit einer isolirenden Hülle bekleidet war, aufgehoben. Ungefähr 1 Minute, nachdem Alles angeordnet war, und als sich der Frosch vollkommen ruhig zeigte, wurde er der elektrischen Strömung unterworfen. Dabei beobachtete Marianini Folgendes.

Wenn der positive Pol mit den Vorderbeinen, der negative mit den Hinterbeinen in Verbindung stand, so bewegte der Frosch die letzteren im Augenblick der Schließung, stieß dagegen im Augenblick der Öffnung einen anhaltenden Schrei mit der ganzen Kraft seiner Lungen aus und erhob sich zugleich unter Verdrehungen auf die vorderen Gliedmaßen. Bei entgegengesetzter Anordnung der Pole ließ der Frosch bei Schließung der Kette einen mit Verdrehungen begleiteten Schrei hören, einen Schrei, den er zwei-, drei- und selbst viermal wiederholte, wenn man die Kette einige Zeit geschlossen ließ; bei Öffnung der Kette bewegten sich die Hinterbeine, das Thier hörte auf zu schreien und den Körper zu verdrehen.

Diesen Gegensatz der Wirkungen beobachtete Marianini erst bei einem einfachen Plattenpaare, dann bei Ketten aus drei und acht Paaren, im Ganzen zehn- bis zwölfmal.

Diese Versuche wurden von Marianini mit einigen Abänderungen noch mehrmals wiederholt, doch erhielt er nicht immer so bestimmte Resultate als bei diesen Versuchen, wiewohl sie im Allgemeinen damit übereinstimmen **).

*) Schweigg. LVI. 335 oder Ann. de Ch. et de Ph. XL. 253.

**) Vergl. auch Nobili in Schweigg. LX. 268.

Versuche Matteucci's *), bei welchen die Polardrähte einer Säule mit verschiedenen, durch Schnittwunden blosgelegten, Organen des Unterleibes eines lebendigen Kaninchens in Berührung gebracht wurden, und wo die um den positiven Draht sich ansammelnde Flüssigkeit sauer, die um den negativen sich sammelnde alkalisch reagirte, scheinen uns keiner besondern Erwähnung zu verdienen; da dieser Erfolg wohl sehr natürlich ist, und zu den Folgerungen über die Analogie thierischer Secretionen mit den chemischen Zersetzungen durch die Säule, die Matteucci daran knüpft, schwerlich berechtigen dürfte.

Versuche von David. Wie in Biot III. S. 553 bemerkt worden, haben Beclard und Beraudi beobachtet, daß eiserne Nadeln, die man in die Nerven lebender Thiere steckt, nach etwa $\frac{1}{4}$ Stunde magnetisch wieder herausgezogen werden, welches dahin deutet, daß das den Nerven durchlaufende Fluidum elektrischer Natur ist. Beobachtungen, welche noch directer zu dieser Folgerung zu führen scheinen, hat Dr. David **) gemacht, indem er selbst Bewegungen der Magnetnadel durch Drähte, welche in die Nerven gesteckt wurden, hervorgebracht haben will; indeß erhellt schon aus der Beschreibung dieser Versuche selbst die Unzuverlässigkeit derselben, und durch Wiederholung derselben von Müller in Bonn (Fror. Not. 1831. Nr. 8. des XXX. Bandes S. 117) ist ihre Unrichtigkeit noch vollends außer Zweifel gesetzt worden, daher wir uns ihrer nähern Anführung überheben.

Elektricität des Zitterrochens ***). H. Davy hat durch wiederholte Versuche die Elektricität des Zitterrochens nicht nur zur Hervorbringung chemischer Wirkungen, sondern auch zur Ablenkung der Multiplicatornadel ganz unfähig gefunden. Unstreitig rührt dies daher, daß ein solcher Schlag jedesmal nur eine unbestimmt kleine Zeit dauert; dagegen zu jenen Wirkungen eine Continuität der Strömung erforderlich zu sein scheint.

Versuche von Pravaz. Nach Versuchen von Pravaz †) an Hunden, welche von anderen, tollen, Hunden gebissen worden, kann dadurch, daß man die Wunde galvanisirt, d. h. die entgegengesetzten Polardrähte einer Säule von 40 bis 50 Paaren nach und nach mit allen Puncten der Wunde in Berührung bringt (so daß die Säule jedesmal durch die Wunde geschlossen wird), die Hundswuth verhütet werden. In der That blieben bei wiederholten Beobachtungen an Hunden, die von demselben tollen Hunde

*) Ann. de Ch. et de Phys. 1830. Mars. pag. 256 oder Schweigg. Journ. LX. 385.

**) Thése inaugurale. Paris 1830.; ein Auszug in Froriep's Notiz. Nr. 7. des XXIX. Bandes.

***) Philos. transact. 1829. I.; oder Bibl. univ. XLI. 99; oder Schweigg. J. LVII. 17 oder Pogg. XVI. 311.

†) Revue médicale. Fev. 1830. oder Froriep's Notiz. Nr. 16. des XI. Bandes S. 249.

gebissen worden, diejenigen befreit von der Wuth, welche diese Behandlung erfahren hatten, während die nicht so behandelten starben. Der Verfasser führt einen Fall an, wo der Galvanismus erst 24 Stunden nach dem Bisse, der durch einen unzweifelhaft tollen Hund erfolgt war, angewandt ward, und dessen ungeachtet das gebissene Thier nicht von der Wuth befallen wurde.

Bemerkung von Nobili. Nobili (Schweigg. LX. 308) macht darauf aufmerksam — und dies scheint mir großer Beachtung werth — daß es bei Behandlung gewisser Krankheiten durch Galvanismus, insbesondere bei Lähmungen, wohl zweckmäßig sein möchte, den Galvanismus nicht continuirlich durch das leidende Glied strömen zu lassen, sondern in schnell auf einander folgenden abwechselnden Öffnungen und Schließungen.

X. Thermoelektricität geschlossener Ketten *).

Apparat, um thermoelektrische Wirkungen nachzuweisen und zu messen.

Der gewöhnliche Multiplicator ist bekanntlich für einfache thermoelektrische Ströme von wenig Wirksamkeit **), weil diese Ströme durch Dünne des Leitungsdrahtes verhältnißmäßig zu stark geschwächt werden, so daß der Vortheil des wiederholten Vorbeigehens der Elektricität, den man durch die Anwendung des Multiplicators erlangt, mehr als compensirt werden kann durch die Länge und Dünne, die der Multiplicatordraht besitzen muß. Diese Betrachtung, welche in der allgemeinen Theorie der galvanischen Kette ihre vollständige Erklärung findet, hat mich veranlaßt, folgenden Apparat zu construiren ***), in welchem zwar der Vortheil des wiederholten Vorbeigehens der Elektricität vermißt wird, dagegen der ganze Vortheil in das ausnehmend gute Leitungsvermögen des Schließungsbogens gelegt ist. In der That ist dieser Apparat von vorzüglicher Wirksamkeit.

Der wesentliche Theil des Instrumentes besteht in nichts anderem, als einem, eine einzige Windung machenden, breiten und dicken Kupferstreifen, der in seiner Lage gegen die darin aufgehängte Doppelnadel (deren Länge von der Breite des Streifens etwas übertroffen wird) Fig. 60. im Durchschnitt und Fig. 61. in der Ansicht von oben verzeichnet ist. Sein oberes Blatt a′bc geht in den Ansatz d, sein unteres in den Ansatz e aus; ...

*) Von der Erregung der Elektricität im Spannungszustande durch Wärme ist schon S. 343 die Rede gewesen.

**) Die Wirksamkeit nimmt indessen zu mit der Anzahl der Elemente, aus denen die thermoelektrische Kette zusammengesetzt ward.

***) Fechn. Maßbest. S. 1.

ist etwas nach abwärts, letzterer etwas nach aufwärts gebogen, so ihre Enden, auf welchen sich messingene kleine Gefäße α und β angebracht finden, in Ein Niveau kommen *). Auf dem obern Blatte des Kupferstreifens ist eine längliche Öffnung h h' zum Einbringen und Herausnehmen der innern Magnetnadel angebracht, desgleichen eine Kreiseintheilung verzeichnet. Die Glocke, welche das Ganze bedeckt, hat bei f einen Ausschnitt, um die Ansätze mit den Messinggefäßen, von denen in Fig. 60. wegen der Durchschnittszeichnung bloß eins sichtbar ist, hervortreten zu lassen. In diese Messinggefäße wird Quecksilber gegossen und das Instrument dadurch in die Kette gebracht.

Dimensionen des Instrumentes in pariser Decimalmaß:

Breite des Streifens	22½ Lin.
Dicke	1
Abstand des obern Blattes vom untern	4½
Länge des Blattes von a bis a' oder von b bis b' . .	84½
Länge eines Ansatzes	20

Dies Instrument ist so empfindlich, daß, wenn man die beiden Quecksilbergefäße durch einen starken Bogen von Wismuth und Antimon verbindet, so reicht die bloße Anbringung der Handwärme an die Löthstelle des Bogens hin, die Nadel zu einer stehenden Ablenkung von 80° bis 85° zu bringen, also sie fast senkrecht auf den Strom zu stellen.

Man kann übrigens dies Instrument eben so wohl für hydroelektrische Ströme benutzen. Es ist aber sowohl hier, als (und zwar in noch viel höherm Maße) bei den thermoelektrischen Strömen folgender Umstand wesentlich. Man darf in den Verbindungskreis durchaus keine dünnen und langen Drähte bringen, denn eine Drahtlänge dieser Art, welche, wenn der gewöhnliche Multiplicator die Kette schließt, in dieselbe hinzugebracht, die Kraft kaum merklich ändert, kann diese, wenn sie bei Schließung durch den obigen Apparat in die Kette tritt, außerordentlich stark schwächen; ein Umstand, der sich leicht aus dem Ohmschen Grundgesetze über die Kette erklärt. Bloß, wenn nirgends ein vermöge seiner Dimensionen oder Materie schlecht leitender Körper sich in der Kette befindet, oder wenn der Widerstand, den ein solcher äußert, durch Verstärkung der elektromotorischen Kraft mittelst Vermehrung der Plattenpaare compensirt wird, findet obiges Instrument seine Anwendung. Die Verbindungsdrähte, mittelst deren man das Instrument in die Kette bringt, müssen daher möglichst kurz und dick sein.

Man kann dies Instrument auf doppelte Weise zu präcisen Messungen benutzen. Zuvörderst ergiebt sich leicht, wenn man die von Lämtz in Schweigg. Journ. XXXVIII. gegebenen Formeln auf den Fall dieses Instrumentes anwendet, wo die Entfernung der Nadel vom Strom als con-

*) In Fig. 60. hat es den Anschein, als wenn die Ansätze d und e zusammenliefen, allein in der That endigt sich bloß einer neben dem andern, wie in Fig. 61.

fant angesehen werden kann, wenigstens wenn die Breite des Streifens die Länge der Nadel hinreichend übertrifft, daß die Kraft des Stromes proportional ist der Tangente der Ablenkung der Doppelnadel, wenn ihre anfängliche Lage der Richtung des Stromes parallel war.

Man kann aber auch statt dessen die von mir S. 388 aus einander gesetzte Methode der Oscillationen anwenden.

Abhängigkeit der thermoelektrischen Kraft von der Temperaturdifferenz.

Becquerel *) hat an einfachen Ketten von Eisen und Silber, Eisen und Kupfer, Kupfer und Platin, Silber und Zinn, Kupfer und Silber nachgewiesen, daß, wenn die Temperatur der einen Löthstelle auf 0° erhalten wird, während die andere zu verschiedenen Graden erwärmt wird, die thermoelektrische Kraft im genauen Verhältniß der Temperaturdifferenz wächst, wenn diese nicht einen gewissen Grad übersteigt. Die Gränze, bis zu welcher die Versuche hierüber angestellt wurden, und innerhalb deren die Proportionalität fortbestand, war bis 40° C. Bei hohen Temperaturdifferenzen jedoch findet, wie **Becquerel** bei einer spätern Versuchsreihe fand (und auch schon früher bekannt war), diese Proportionalität nicht mehr Statt; bei mehreren Metallen, wie Silber-Zink, Gold-Zink kann sogar bei höheren Temperaturdifferenzen wieder Abnahme und selbst Umkehrung der Kraft eintreten. Die **erste** der nachfolgenden Tabellen enthält die Belege für die bis 40° C. gehende Proportionalität der Intensität mit der Temperaturdifferenz; die **zweite** für die Nichtproportionalität bei höheren Temperaturdifferenzen.

Das bei den Versuchen angewandte Verfahren war dieses: Ein Draht z. B. von Platin und ein anderer von Eisen wurden mit einem ihrer Enden zusammngelöthet, während ihre beiden anderen Enden mit dem kupfernen Drahte des Galvanometers zusammengelöthet waren, für dessen Grade durch ein besonderes Verfahren (Pogg. VI. 345 oder Schweigg. J. LVII. 309) die entsprechenden Kräfte ausgemittelt waren. Nachdem die Löthstellen mit Ausnome derjenigen, welche das Eisen mit dem Platin verband, in schmelzends Eis gebracht worden, ward allmälig die Temperatur dieser letztern erhöht. Eben so ward bei Versuchen mit den anderen Metallen verfahren Folgendes sind die erhaltenen Resultate:

*) An. de Ch. et de Ph. XLI. 353 (Schweigg. Journ. LVII. 311) und XLVI. 34

Erste Tabelle.

Metalle, welche die Kette bilden.	Temperatur C. der einen Löthstelle, während sich die andere auf Null befindet.	Ablenkungen der Magnetnadel.	Entsprechende Intensitäten des Stroms.	Berechnete Intensitäten.
Eisen u. Silber	40°	52°	76	76
	30	45	56,76	57
	20	40	38	38
	10	27	18,80	19
Eisen u. Kupfer	40	—	—	80
	30	48	50,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
Kupf. u. Platin	40	41	40,40	40
	30	36	30,28	30
	20	28	20	20
	10	18	10	10
Silber u. Zinn	40	—	—	—
	30	48	59,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
Kupf. u. Silber	40	34	27,20	26,84
	30	28	20	20,13
	20	22	13,30	13,42
	10	18	6,60	6,71

Zweite Tabelle *).

Metalle, welche die Kette bilden.	Temperatur C. der einen Löthstelle, während sich die andere auf Null befindet.	Ablenkungen der Magnetnadel.	Etsprechende Innsitäten des Stroms.
+ Eisen — Kupfer	50	10	72,50
	100	20	20
	150	25	15
	200	27,50	58
	250	28,50	53,50
	300	29	66,20

*) Bloß für das Eisen-Kupferpaar sind die den Ablenkungen enrechenden Intensitäten beigefügt. Unstreitig waren die Ablenkungen mit einem aern Multiplicator gewonnen, als die in voriger Tabelle.

Metalle, welche die Kette bilden.		Temperatur C. der einen Löthstelle, während sich die andere auf Null befindet.	Ablenkungen der Magnetnadel.	Entsprechende Intensitäten de[s] Stroms.
+ Silber	− Zink	0	0	
		20	2	
		39	4	
		58	6	
		80	8	
		120	10	
		160	8	
		187	6	
		207	4	
		215	2	
		225	0	
+ Zink	− Silber	225	0	
		236	2	
		247	4	
		253	6	
		262	8	
		270	10	
		281	12	
		300	14	
		290	12	
		282	10	
		—	8	
		265	6	
		258	4	
		250	2	
		240	0	
− Gold	+ Zink	Bei 70° C. beträgt die Ablenkung ungefähr 2°, nimmt aber bei steigender Temperatur ab und ist bei 150° null; dann fängt sie nach entgegengesetzter Richtung wieder an		
+ Go	− Zink	150	0	
		180	2	
		195	4	
		210	6	
		220	8	
		240	10	
		255	12	
		275	14	

Gesetz der galvanischen Spannungsreihe, auch für thermoelektrische Ketten nachgewiesen*).

Das Gesetz, daß z. B. der elektromotorische Abstand zwischen Eisen und Kupfer gleich ist der Summe der Abstände zwischen Eisen und Platin und Platin und Kupfer, oder allgemeiner, daß der Abstand zweier in der galvanischen Spannungsreihe aus einander liegender Metalle gleich ist der Summe der successiven Abstände aller Zwischenmetalle unter einander und von den äußersten Metallen, ist von Becquerel auch für thermoelektrische Ketten bei einer Temperaturdifferenz von 20° (so daß die eine Löthstelle sich auf Null befand) nachgewiesen worden. Man kann dies durch Vergleichung der Werthe schließen, welche in folgender Tabelle enthalten sind.

Relative Intensitäten des thermoelektrischen Stromes für verschiedene Metalle, bei einer Temperaturdifferenz von 20° — 0° C.

Eisen-Zinn	31,24
Kupfer-Platin	8,55
Eisen-Kupfer	27,96
Silber-Kupfer	2
Eisen-Silber	26,20
Eisen-Platin	36,07
Kupfer-Zinn	3,50
Zink-Kupfer	1
Silber-Gold	0,50

Die Messung war, um die Differenzen zu vermeiden, die von dem verschiedenen Leitungsvermögen der dem Versuch unterworfenen Metalle herrühren konnten, so unternommen, daß eine einzige thermoeletrische Kette aus allen Metallen, die mit einander verglichen wurden, gemacht, und jedesmal alle Löthstellen, mit Ausnahme einer einzigen, auf Null Grad erhalten wurden. Da die Kette stets dieselbe blieb, so blieb sich solchergestalt auch das Leitungsvermögen stets gleich und die Resultate wurden unter einander vergleichbar.

Thermoelektrische Wirkungen, am Condensator nachgewiesen.

Becquerel**) führt folgende Versuche an, die mir zum Theil allerdings in keiner sonderlichen Form, um viel daraus schließen zu können, angestellt zu sein scheinen. Man bringt einen Platindraht in eine Glasröhre, die an der Lampe an einem ihrer Enden zugeschmolzen ist, und setzt das freie Ende dieses Drahtes mit einer der Platten eines Volta'schen Condensators in Verbindung, unter Vermeidung der Berührung heterogener Metalle (also wohl unter Zwischenwirkung eines feuchten Körpers); dann er-

*) Mém. de l'Acad. des sc. X. 1831. 237 oder Schweigg. J. LVI 313.
**) Schweigg. J. LVII. 304 und Ann. de Ch. et de Ph. XLVI.

hitzt man mittelst einer Alkohollampe oder einer andern Wärmequelle den Theil der Röhre, welcher verschlossen ist, bis zum Rothglühen. Man erhält in der Regel kein elektrisches Zeichen, welches von der Temperaturerhöhung abhängig wäre*). Wickelt man dagegen um das Ende der Röhre, welches verschlossen ist, einen Platindraht, dessen eines Ende mit dem Boden communicirt, und erhitzt dies Röhrenende stark, so nimmt der Platindraht, der sich im Innern der Röhre befindet, einen ziemlich starken Überschuß von positiver Elektricität an. Durch besondere Versuche mittelst des Rousseau'schen Diagometers überzeugte sich Becquerel, daß das bis 90° oder 80° C. oder selbst darunter erhitzte Glas zum Leiter der Elektricität, selbst für sehr schwache Spannungen, wird.

Man bringe das eine Ende eines Platindrahtes (oder Silber- oder Golddrahtes, unter Vermeidung des Contacts)**) an die obere Platte eines vortrefflichen Bohnenbergerschen Goldblattelektrometers, bringe das andere Ende desselben, welches spiralförmig gerollt ist, mittelst einer Alkohollampe zum Glühen, ziehe diese sofort zurück und berühre nun die Spirale mit einem Streifchen feuchten Papieres, während man zugleich die untere Platte des Condensators mit dem Erdboden in Berührung setzt. Der Ausschlag des Elektrometers bei Abheben der Condensatorplatte wird anzeigen, daß der Platindraht negativ, das feuchte Papier positiv elektrisch worden ist. Dasselbe wird auch der Fall sein, wenn man den Versuch umkehrt, indem man den Platindraht an dem der Spirale entgegengesetzten Ende zwischen den Fingern faßt und die Spirale, sobald sie rothglühend geworden ist, mit einem Streifen feuchten Papiers***) in Verbindung setzt.

Man nehme eine 12 bis 15 Millimeter lange Glasröhre, schmelze an eines ihrer Enden einen Platindraht von ½ Millimeter Dicke, befestige an das andere Ende einen sehr dünnen Draht von demselben Metall, bringe darauf den dickern beider Drähte mit einer der Condensatorplatten in Verbindung, unter Vermeidung metallischen Contacts zwischen ihnen, halte das freie Ende des andern Drahtes zwischen den Fingern und erhitze das Ende der kleinen Röhre, an welcher letzterer Draht befestigt ist, zum Glühen, oder auch nicht so stark. Durch die Hitze wird das Glas leitend und die Temperaturverschiedenheit im System bringt eine Elektricitätsentwickelung hervor, vermöge deren der Condensator, wie es scheint †), positive Elektricität hält.

Es sei AB (Fig. 62.) eine mit Alkohol gefüllte kupferne Lampe, cc eine Isolatur, dd ein Pfropf, durch welchen eine mit Gummilack überfir-

*) Dies ist nicht anders zu erwarten, da ein einfacher isolirter Elektromotor überhaupt keine merkliche Elektricität am Condensator zu erkennen giebt, wenn man nicht die condensirte Elektricität seiner Berührungsflächen durch Trennung derselben ins Spiel bringt.

**) D. h. wahrscheinlich mit Zuziehung eines feuchten Zwischenblättchens.

***) Das, wie es scheint, mit dem Condensator communicirt.

†) Ich finde nämlich Becquerel's Darstellung hier nicht recht deutlich.

nigte Glasröhre EF hindurchgeht. Durch die Glasröhre geht ein Baumwollendocht hindurch, dessen eines Ende in den Alkohol reicht, während an das andere Ende E eine Spirale von Platindraht g gefügt ist, welche in allen ihren Theilen glühend bleibt, wenn man ihre Temperatur hinreichend erhöhet hat. Man setze diesen Apparat auf die obere Platte eines condensirenden Elektroskops, dessen untere Platte mit dem Erdboden in Verbindung steht, und berühre die Spirale mit einem gewöhnlichen Platindrahte. Es wird positive Elektricität in die obere Condensatorplatte übergehen. Berührt man dagegen die Spirale mit einem Streifen feuchten Papieres, so geht negative Elektricität in die obere Condensatorplatte über.

Verschiedene Umstände in Bezug auf thermoelektrische Ketten.

Nach Becquerel *), wenn man in einer thermoelektrisch zusammengesetzten Kette, wie sie in Fig. 63. verzeichnet ist, erst die Löthstelle A z. B. auf 50° C. erwärmt, während man alle anderen Löthstellen auf Null erhält, so ist die Intensität des Stroms ganz dieselbe, als wenn man die zwei Löthstellen B und C, oder die zwei Löthstellen D und E auf 50° C. erwärmt, während man die übrigen Löthstellen auf Null erhält, so daß es also gleichgültig ist, ob die Temperaturerhöhung an der directen Verbindungsstelle zweier Metalle oder an ihren Verbindungsstellen mit einem Zwischenmetalle angebracht wird. Ferner hängen nach Becquerel die Richtung und Intensität des Stromes stets bloß von der Temperatur der Verbindungsstelle, nicht aber der daranliegenden Theile ab, so daß man die Erwärmung bald mehr auf die eine, bald mehr auf die andere Seite einer Löthstelle fallen lassen kann, ohne daß dadurch eine Änderung im Strome entsteht, wofern die Löthstelle selbst auf dieselbe Temperatur kömmt. Der Strom einer einfachen thermoelektrischen Kette, z. B. von Kupfer und Eisen hat dieselbe Intensität, mag man die eine Löthstelle in eine Flüssigkeit tauchen, welche das eine Metall etwas anzugreifen vermag wie eine schwache Kochsalzauflösung, oder in reines, von Luft und Wasser befreites, Olivenöl, wofern nur die Temperaturdifferenz in beiden Fällen die nämliche bleibt.

Thermoelektrisches Differenzialthermometer.

Nobili **) hat auf die thermoelektrischen Erscheinungen folgende Einrichtung einer Art Differenzialthermometer gegründet, welches nach ihm selbst die Empfindlichkeit der Bréguet'schen Metallthermometer übertrifft.

Das Instrument besteht aus zwei Haupttheilen: 1) einem Galvanometer von Kupferdraht mit Doppelnadel, das von gewöhnlicher Einrichtung ist; 2) einer thermoelektrischen Büchse, die wir jetzt beschreiben wollen.

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 341.

**) Bibl. univ. XLIV. 225 oder Pogg. XX. 245 oder Schweigg. I. 423.

Die Büchse SS (Fig. 64.) enthält eine thermoelektrische Säule, zusammengesetzt aus sechs Abwechselungen von Wismuth und Antimon. Fig. 65. [illegible]se Säule, in gerader Linie ausgebreitet; in der Wirklichkeit aber ist [illegible]förmig zusammengebogen, um in die Büchse SS gestellt werden zu können. Man sieht in der Figur nur die ungeraden Löthstellen 1, 3, 5 u. s. w., die geraden Löthstellen 2, 4, 6 u. s. w. sind durch die Büchse verdeckt und überdies mit einem Kitt umgeben. An die Enden A, B der Säule sind zwei kupferne Ansätze A′ B′ gelöthet, welche zur Büchse herausragen und zur Aufnahme von Drähten dienen, durch welche sie mit den Enden des Multiplicators in Verbindung gesetzt werden *).

Die Büchse ist so eingerichtet, daß man sie nach Belieben an das Galvanometer setzen kann. Man kann dann das Instrument z. B. unter die Glocke einer Luftpumpe bringen und so die Kälte messen, welche beim Auspumpen der Luft eintritt. Alle ungeraden Löthstellen 1, 3, 5 der Kette stehen in unmittelbarer Berührung mit der Luft der Glocke und erkälten sich beim ersten Hub der Stempel, während die unteren Löthstellen, wegen ihrer Bekleidung mit Kitt, den Eindruck der Kälte nicht so schnell erfahren.

Nach Nobili ist die Empfindlichkeit dieses Instrumentes (das sich jedoch zu Maßbestimmungen über die Wärme auf keine Weise eignen dürfte) 15 bis 20 Mal größer, als die der Bréguet'schen Thermometer. Eine Temperaturveränderung von 2° (C.?) entsprach schon einem Bogen von 30° bis 40° (bleibender Ablenkung?). Als z. B. eine und dieselbe Person einigemale auf die Feder des Bréguetschen Thermometers und auf die Büchse SS hauchte, schritt die Nadel des ersten Instrumentes um 10° bis 12° vor, während die des letztern einen Bogen von 150° und mehr durchlief.

In einem Nachtrage bemerkt Nobili, daß sich die Empfindlichkeit des angegebenen Instrumentes noch ausnehmend erhöhen lasse, so daß es selbst höchst kleine Differenzen stralender Wärme anzuzeigen vermöge. In dieser Hinsicht sei es zweckmäßig, die Löthstellen mit einer schwarzen Substanz, z. B. Kienruß, zu schwärzen, um die Wärmeabsorption zu verstärken. Man soll, wenn man einen so vorgerichteten Apparat in die Mitte des Zimmers stellt und die Vorderseite der Säule (die obere Seite der Büchse?) successiv gegen die vier Wände dreht, unzweideutige Anzeigen von Temperaturunterschieden erhalten, wie sie die örtliche Lage dieser Wände mit sich bringen muß.

Besonders aber rühmt der Verfasser folgende Einrichtung, die Melloni dem Instrumente gegeben. Vielleicht finden Andere die Beschreibung deutlich, als ich sie gefunden, daher ich sie wörtlich hersetzen will.

„In der Absicht, das Instrument für die Wärmestralung wirksamer zu machen, verfertigte er eine neue Säule von 16 dünnen Elementen, die

*) Wie es scheint sind in diesen Ansätzen Gruben zum Aufnehmen von Quecksilber angebracht.

ganz bedeckt und geschwärzt waren, und gegen die oberen Löthstellen hin durch eine Art von durchlöchertem und mit Kitt überzogenen Holzdeckel gehalten wurden. Die Büchse ist von Metall mit doppeltem Boden. Ein konischer Reflector von Metall befindet sich unten. Es wird von einem Fuß getragen, und kann nach jeder beliebigen Richtung gedreht werden.

Diese Construction, in welcher man den geschickten Physiker erkennt, erfüllt ihren Zweck vollkommen. Bedeckt man den Reflector, der anfangs gegen die Decke eines Saales gerichtet war, so sieht man die Nadel des Galvanometers augenblicklich abweichen. Die Abweichung verändert sich mit der mehr oder weniger schiefen Richtung der Achse des Spiegels, und kommt beständig auf denselben Punct zurück, sobald die Achse wieder in dieselbe Richtung gebracht wird. Dies beweist aufs allerdeutlichste, daß die Wirkung in der That von der Strahlung der fernen Wände und nicht von der Berührung der umgebenden Luft herrührt. Schließt man alle Fenster des Saales bis auf eins, und dreht nun den Apparat bald gegen das offene Fenster, bald gegen die gegenüberstehende Mauer, so beschreibt die Magnetnadel Bogen von 30 bis 60 Grad, wie groß auch der Saal sein mag.

Ein großer Vortheil der metallischen Hülle besteht darin, daß es dem Beobachter gestattet ist, sich dem Instrumente zu nähern, ohne befürchten zu dürfen, daß seine eigene Wärme auf die Resultate der Versuche einwirke; denn wenn man darauf achtet, sich hinter den Boden des Instrumentes zu stellen, wenn die Achse des Spiegels horizontal liegt, so treffen die von der Person ausgehenden Wärmestralen die Wände der Büchse und werden daselbst reflectirt, ohne die Temperatur der inwendig befindlichen Elemente zu stören; dann kann man die Gegenstände mit denen man experimentiren will, an lange Holzstäbe befestigen und sie der Vorderseite des Spiegels gegenüberstellen. Ein benetztes Stück Leinwand, welches durch die Verdampfung nur um einen Grad unter die Temperatur der Umgebung erkaltet ist, auf diese Weise in 5 bis 6 Fuß Enfernung vor dem Spiegel aufgehängt, übt auf die Nadel des Instruments einen sehr merkbaren Einfluß aus.

Ich habe diese Vervollkommnungen zur Erbauung einer zweiten Säule benutzt, welche ich künftig mit meinem ersten Thermo-Multiplikator vereinigen werde. Diese Säule besteht aus vierzig Elementen, sie ist nach beiden Seiten hin vollkommen symmetrisch, folglich mit zwei Reflectoren versehen, welche man nach Belieben öffnen und verschließen kann. Ich halte viel auf diese Symmetrie, sowohl weil man nun ohne Unterschied beide Seiten der Säulen gebrauchen, als auch weil man Vergleiche zwischen den gleichzeitigen Temperaturen verschiedener Gegenstände anstellen kann. Um eine Idee von der erstaunlichen Empfindlichkeit des letztern Apparates zu geben, brauche ich nur zu sagen, daß er die Wärme des menschlichen Körpers in einer Entfernung von 18 bis 20 Fuß giebt".

Berichtigungen.

Seite	Zeile	
105	20	v. o. st. des l. de
207	18	v. u. st. ist (unter einander zusammenhängenden) die l.: ist, di (unter einander zusammenhängenden)
254	2	v. o. man lasse weg: und der Elektrochemie.
299	21	v. o. st. Werthe l. Werthen
300	21	v. o. st. Ecke l. Ecke a.

Fig. 3

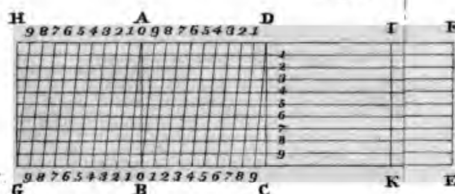
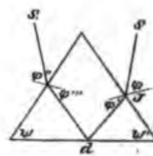


Fig. 4



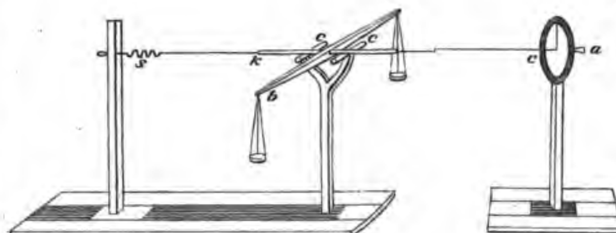


Fig. 7

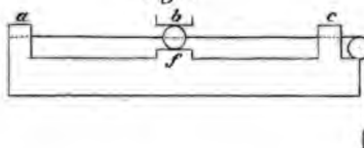


Fig. 8

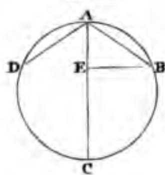
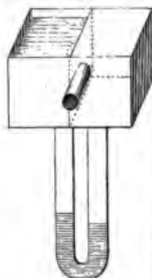
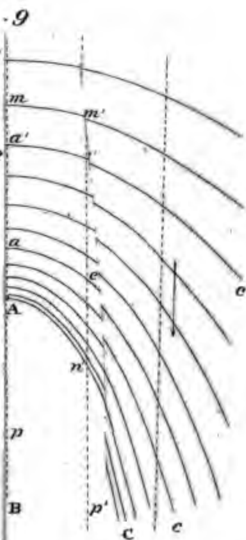


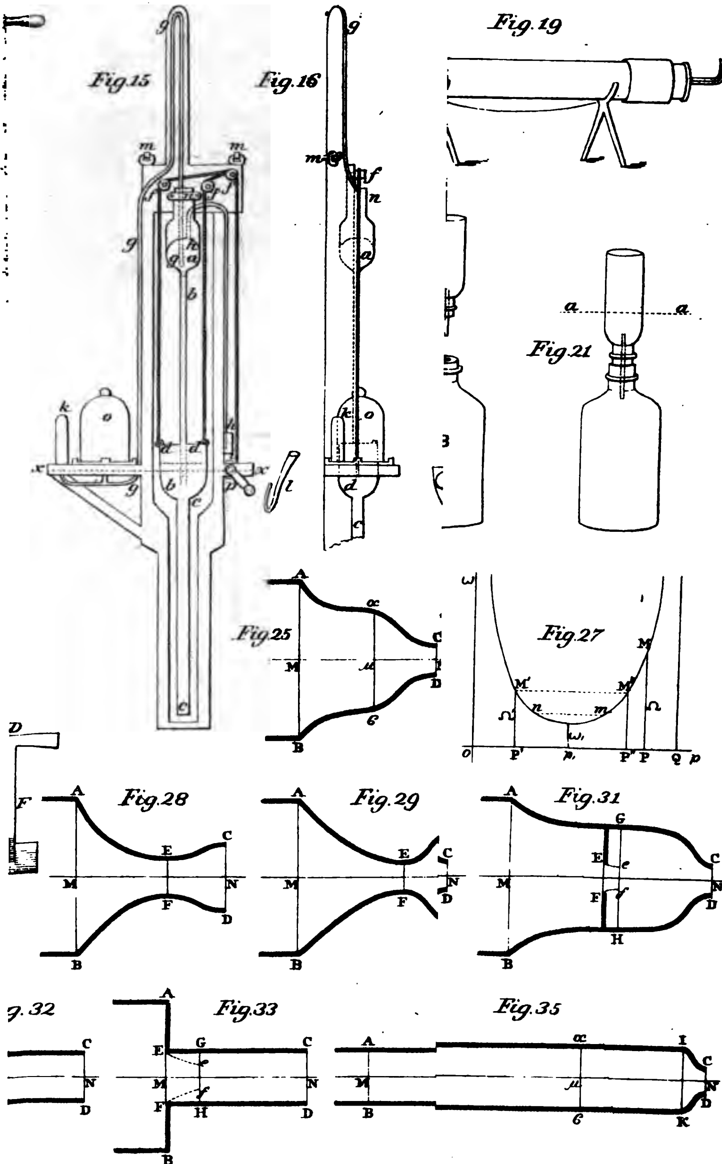
Fig. 12



9



J. C. Böhme sc.


Fig. 15
Fig. 16
Fig. 19
Fig. 21
Fig. 25
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 31
Fig. 33
Fig. 35

J. C. Böhme sc.



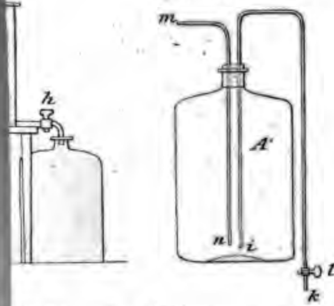
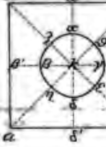

Fig.39
m
A'
h
n
i
l
k

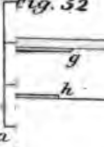


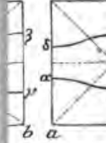

Fig. 54
b
c
d
e
a

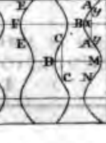

Fig.42
b'
c
d'
a'
b

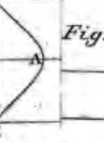

Fig.43
d
c
a
b

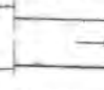

Fig.44
d
c
a
b

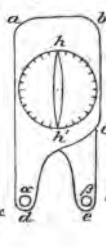

Fig. 52
g
h
k
f
l


Fig.48
d
c
a
b


Fig.49


C
A
E


Fig. 53
z


Fig. 61
a
b
h
h'
c
d
e

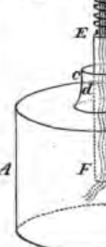
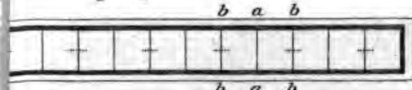
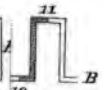

Fig. 62
g
E
c
c
d
d
A
F
B


Fig. 64
7
5
3
1
S
B'


Fig. 66


Fig. 59
b a b
b a b


11
10
B

J. C. Böhme sc.







